



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

AKI PELTOLA
UUDISRAKENTAMISEN AJOITUSMALLI

Diplomityö

Tarkastajat: Professori Jukka Pekkanen
ja DI Anssi Koskenvesa
Tarkastajat ja aihe hyväksytty talouden ja
rakentamisen tiedekuntaneuvoston ko-
kouksessa 4. marraskuuta 2015.

TIIVISTELMÄ

AKI PELTOLA: Uudisrakentamisen ajoitusmalli

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 110 sivua, 18 liitesivua

Joulukuu 2015

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastajat: Professori Jukka Pekkanen ja DI Anssi Koskenvesa

Avainsanat: ajoitusmalli, rakennusajan aikataulusuunnittelu, uudisrakentaminen, talonrakentaminen, Excel-pohjainen malli

Rakennushankkeiden aikataulujen on oltava riittävän realistisia ja tarkkoja, sillä aikataulujen pitävyys vaikuttaa merkittävästi rakentamisen kustannuksiin, laatuun ja asiakastyytyväisyyteen. Uudisrakentamisen ajoituskustannusmalli valmistui Suomessa vuonna 1989. Sen käyttöliittymää ja joitakin ominaisuuksia päivitettiin vuonna 1993. Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli laatia uusi ajoitusmalli vastaamaan tämän päivän rakennustyyppejä, työmääriä ja työmenekkejä.

Työn tueksi laaditussa kirjallisuuskatsauksessa perehdyttiin rakennushankkeen aikataulusuunnitteluun ja vanhoihin ajoitusmalleihin sekä tuotteen käytettävyyteen. Kirjallisuuden avulla määritettiin uudet kokonaistyömenekkien vertailutasot toimistorakennuksille, asuinkerrostaloille, pienkerrostaloille ja rivitaloille. Vertailemalla vanhojen ja uusien vertailutasojen työmenekkejä selvitettiin, miten rakentamisen aikajako on muuttunut. Uudet normaalikestojen laskentakaavat koko rakennusajalle ja rakennusvaiheille määritettiin käytettävissä olleiden 12 hankkeen yleisaikataulujen ja laajuustietojen sekä vertailutason työmenekkien avulla.

Aikatauluttamisen asiantuntijoille lähetetyllä kyselytutkimuksella selvitettiin aikataulusuunnittelun nykyisiä käytäntöjä hankkeiden alkuvaiheessa ja työntekijätuntien jakautumista eri rakennusvaiheille sekä rakentamisen aikajaon muutokseen vaikuttaneita tekijöitä. Uuden ajoitusmallin prototyyppiä esiteltiin alan asiantuntijoille järjestetyssä työpaikassa, josta saatiin hyödyllisiä kehitysideoita mallin kehittämiseen. Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan opiskelijat testasivat ajoitusmallin käytettävyyttä pienimuotoisessa harjoitustyössä.

Työn tuloksena syntyi uusi Ajoitusmalli 3.0, Excel-pohjainen työkalu, joka soveltuu sekä rakennusyritysten tarjouslaskentavaiheen että rakennuttajan ja tilaajan hanke- ja rakennussuunnitteluvaiheiden aikataulusuunnitteluun. Ajoitusmalli 3.0 sisältää sekä laajemman (tavallisen) että suppeamman (helpon) käyttäjäversion. Ajoitusmallilla voidaan määrittää rakennusajan normaalikesto sekä rakennusvaiheiden normaaliajoitus kuukausitarkkuudella. Lisäksi ajoitusmallilla saadaan resurssien kuukausittainen jakauma ja hankkeen kuukausittainen tuntikertymä. Mallilla voidaan simuloida erilaisten suunnitelmien vaikutuksia aikatauluihin ja resurssitarpeisiin. Ajoitusmallia voidaan käyttää vähäisin lähtötiedoin, mutta lähtötietoja lisäämällä saadaan tarkempia tuloksia.

ABSTRACT

AKI PELTOLA: Prediction model for construction scheduling

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 110 pages, 18 Appendix pages

December 2015

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Construction Production

Examiner: Professor Jukka Pekkanen and M.Sc. Anssi Koskenvesa

Keywords: prediction model for construction scheduling, construction scheduling, construction of new buildings, house building projects, Excel-based model

Construction projects require realistic and exact schedules, because accuracy of schedules affects largely construction costs, quality and customer satisfaction. In Finland, first version of the prediction model for construction scheduling was invented in 1989. Its user interface and some properties were updated in 1993. Many changes in Finland's construction since have caused a need for another update. The main aim of this research was to develop a new prediction model for construction scheduling, considering the current construction types, working hours and productivity.

This research begun with a literature review that dealt with construction scheduling, previous models for construction scheduling and product's usability. Based on it, it was also defined new reference values for overall productivity for four different building types, i.e. office building, block of flats, small block of flats and terraced house. By comparing old and new reference values for productivity it was identified how the working hours of different construction phases has changed. New equations giving normal construction duration values for whole construction period and different phases were created based on overall schedules, their scope of construction and new reference values for productivity of 12 construction projects available for this work.

Survey was also sent to scheduling professionals to study the current practices for construction scheduling in the early stages of construction projects, and how working hours are divided into different construction phases and which factors may explain the changes observed in productivity of different construction phases. Prototype of the new construction scheduling model was also demonstrated in a workshop, where professionals provided helpful developing ideas for further model development. Model's usability was also tested by Civil Engineering students of Tampere University of Technology in their exercises.

This study did output a new Excel-based construction scheduling model (Ajoitusmalli 3.0), which will offer support for scheduling of project and construction phases. This model can be used to define the normal duration and monthly schedule of construction project as well as monthly needs for resources and working hours. Also effects of various construction plans on scheduling and resource needs can be simulated easily with the model. The model can also be used in the early stages of construction project with very few input data, but estimates are of course more accurate if more detailed information is available for model.

ALKUSANAT

Olen laatinut tämän diplomityön Tampereen teknillisen yliopiston rakentamistalouden laitoksella Rakennusteollisuus RT Ry:n toimeksiannosta. Haluan kiittää Rakennusteollisuus RT Ry:tä saamastani diplomityön stipendistä, jonka turvin aloitin diplomityön teon kesäkuussa 2015. Diplomityötä tehdessä aika on kulunut nopeasti ja olen oppinut paljon uutta eritoten rakennushankkeiden aikataulusuunnittelusta mutta myös Excel-pohjaisten mallien laadinnasta.

Haluan kiittää työni ohjaajaa DI Anssi Koskenvesaa erittäin mielenkiintoisesta tutkimus-aiheesta ja diplomityön erinomaisesta ohjauksesta. Kiitokset kuuluu myös teille kaikille kyselytutkimukseen vastanneille ja työpajaan osallistuneille antamastanne panoksesta diplomityöhöni. Kiitos myös korjausrakentamisen ajoitusmallin laatijalle, Elisa Varikselle, saamastani vertaistuesta sekä käytettävyydestiin osallistuneille rakennustekniikan opiskelijoille ja kaikille muille tahoille, jotka ovat vaikuttaneet diplomityöni valmistumiseen.

Lopuksi haluan kiittää vanhempiani ja Hannelea kaikesta saamastani tuesta ja kannustuksesta opintojeni aikana. Opiskelu TTY:llä on ollut mielekästä ja antoisaa, mutta on kuitenkin mukavaa valmistua ja siirtyä työelämään.

Tampereella 4.11.2015

Aki Peltola

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus	2
1.3	Tutkimusote, tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen kulku	3
1.4	Tutkimusraportin rakenne	4
2.	RAKENTAMISVAIHEEN KESTO JA SEN ARVIOINTI	6
2.1	Rakentamisvaiheen kesto	7
2.1.1	Tuottavuuden kehitys	8
2.1.2	Kaksi- ja kolmivuorotyöskentelyn vaikutukset.....	10
2.1.3	Talvirakentamisen vaikutukset	12
2.2	Rakentamisvaiheen keston alustava arviointi	14
2.2.1	Suomi	15
2.2.2	Iso-Britannia.....	17
2.2.3	Saksa	18
2.2.4	Espanja.....	19
2.2.5	Kiina.....	20
3.	AJOITUSMALLIN PERUSTEET.....	24
3.1	Talonrakennuksen ajoituskustannusmalli	24
3.1.1	Kokonaistyömenekkimalli	26
3.1.2	Vertailutason rakennustyyppit	28
3.1.3	Ajoitusmalli.....	28
3.1.4	Ajoituskustannusmallin ATK-ohjelma	32
3.2	Talonrakennushankkeen ajoitusmalli 2.0.....	35
3.2.1	Lohkojakomalli	35
3.2.2	Prosenttimalli	36
3.2.3	Ajoitusmalli 2.0:n tulosteet.....	37
3.3	Uudet kokonaistyömenekit.....	37
3.3.1	Asuinkerrostalo	39
3.3.2	Pienkerrostalo.....	40
3.3.3	Rivitalo.....	41
3.3.4	Toimistorakennus.....	42
3.4	Mallin käytettävyys	43
3.4.1	Visuaalinen suunnittelu	44
3.4.2	Opittavuus	44
3.4.3	Käytettävyystesti	45
4.	TUTKIMUSSTRATEGIA	46
4.1	Tutkimusote ja tutkimusmenetelmät	46
4.1.1	Konstruktiiivinen tutkimusote.....	46
4.1.2	Kirjallisuustutkimus	47

4.1.3	Kyselytutkimus	48
4.1.4	Työpajatyöskentely	49
4.1.5	Käytettävyysesti	49
4.2	Tutkimuksen suoritus	50
5.	KOKONAISTYÖMENEKKIEN VERTAILU	53
5.1	Kokonaistyömenekien muuttaminen vertailukelpoisiksi	54
5.2	Kokonaistyömenekien vertailu.....	56
5.2.1	Toimistorakennus.....	57
5.2.2	Asuinkerrostalo	58
5.2.3	Pienkerrostalo.....	60
5.2.4	Rivitalo.....	62
5.3	Yhteenveto vertailusta.....	63
5.4	Tuotantotekniikoiden vertailu	66
6.	EMPIIRISEN TUTKIMUSOSION TULOKSET	69
6.1	Kyselytutkimus.....	69
6.2	Työpajatyöskentely	77
6.3	Käytettävyysesti	79
7.	LAADITTU AJOITUSMALLI 3.0.....	82
7.1	Ajoitusmallin teoria.....	83
7.1.1	Kokonaistyömenekki	83
7.1.2	Uudet vertailutasot	83
7.1.3	Hankkeen normaalikesto	86
7.1.4	Rakennusvaiheiden normaalikestot.....	87
7.1.5	Lohkojako ja limitys	91
7.2	Ajoitusmalli 3.0:n rakenne	93
7.2.1	Ajoitusmallin syöttötiedot.....	93
7.2.2	Yleisaikataulu.....	96
7.2.3	Ajoitusaikataulu	97
7.2.4	Tuntikertymäkuvaaja ja resurssikaavio.....	98
7.2.5	Ajoitusmalli 3.0 helppo.....	100
8.	JOHTOPÄÄTÖKSET	101
8.1	Tulosten ja tutkimuksen tarkastelu.....	101
8.2	Jatkotutkimusehdotukset	104
	LÄHTEET	107
	LIITE A: KYSELYTUTKIMUKSEN KYSELYPOHJA.....	111
	LIITE B: TYÖPAJAN OSALLISTUJALISTA.....	113
	LIITE C: KÄYTETTÄVYYSESTI.....	114
	LIITE D: NORMAALIKESTOJEN LASKENTAESIMERKKI.....	116
	LIITE E: AJOITUSMALLI 3.0 KÄYTTÖESIMERKKI	119
	LIITE F: AJOITUSMALLI 3.0 HELPPU KÄYTTÖESIMERKKI	126

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Ajoitusmalli	Excel-pohjainen laskentamalli rakennushankkeen rakentamisvaiheen keston ja eri rakennusvaiheiden ajoituksen sekä resurssitarpeiden arviointiin.
Bruttoala	Kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Bruttoala lasketaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrostasoalojen summana. Bruttoalaan lasketaan kaikki kerrostasoalat riippumatta siitä, ovatko huoneet kylmiä vai lämpimiä.
Hossin sääntö	Ensimmäiseksi lohkoksi valitaan se, jonka perustus- ja runkovaihe on lyhyin ja viimeiseksi lohkoksi valitaan se, jonka sisävalmistusvaihe on jäljellä olevista lyhyin. Jos perustus- ja runkovaihe sekä valmistusvaihe ovat lyhyimmät samassa lohkoissa, niin toteutusjärjestys määräytyy perustus- ja runkovaiheen perusteella.
Huoneistoala	Huoneistoala lasketaan huoneistoon kuuluvien tilojen huonealojen sekä ei-kantavien seinien rakennusosa-alojen summana.
Kerrostasoala	Kerrostasoala lasketaan rakennuksen ulkomittoja käyttäen. Kerrostasoaan ei lasketa sellaisia osia, joille ei lasketa huone- tai rakennusosa-alaa. Tällaisia osia ovat välipohjan aukot, jotka eivät ole vähäisiä.
Kokonaistyömenekki	Työntekijätuntimäärä kokonaissuoritemääräyksikköä kohden (tth/brm^2 tai tth/rm^3), joka Ratun mukaisilla työryhmillä kuluu koko rakennushankkeen läpiviemiseen tai rakennusvaiheen läpiviemiseen.
Kokonaistyöpanos	Työntekijätuntimäärä (tth), joka Ratun mukaisilla työryhmillä kuluu koko rakennushankkeen läpiviemiseen tai rakennusvaiheen läpiviemiseen.
Korjauslisä	Korjaustyön lisäkustannus, joka aiheutuu uudisrakentamista suuremmasta työmenekistä ja korjaustoimenpiteistä aiheutuvista seurausvaikutuksista sekä uudisrakentamiseen kuulumattomista purkutöistä ja valmistelevista töistä.
Laajennettu Hossin sääntö	Ensimmäiseksi lohkoksi valitaan se, jonka sisävalmistusvaiheen tuntimäärän suhde perustus- ja runkovaiheen tuntimäärään on suurin. Viimeiseksi lohkoksi valitaan se, jossa suhde on pienin.

Normaalikesto	Hankkeen rakennesuunnitelmien ja tavanomaisen kireystason mukainen rakennusaika kuukausina, josta on vähennetty kesälomakuukaudet ja ennalta tiedetyt keskeytykset.
Rakennusosakokonaisuus	Eri rakennustöiden muodostama kokonaisuus, esimerkiksi runkorakenteet tai pintarakenteet.
Rakennustilavuus	Kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Yhteenlaskettu koko rakennuksen tilavuus, yksikkö m^3 .
T3-aika	Tehollinen aika tai työvuoroaika. T3-ajat ovat tavoitteellisia työmenekkejä, jotka eivät sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. Tehollista aikaa käytetään rakentamisvaihe-aikataulujen, viikkoaikataulujen ja tehtäväsuunnitelmien tehtävien kestoja laskettaessa.
T4-aika	Kokonaisaika, joka sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, myös tunnin mittaiset ja pidemmät työskentelyn keskeytykset. Kokonaisaikaa käytetään kustannusten arvioimiseen ja yleis-aikataulujen laadintaan.
Talo 80 -nimikkeistö	Rakentamisinimikkeistö, joka jakaa rakennusosakokonaisuudet yhdeksään osaan.
tth	Työntekijäkohtainen työtunti. Jos esimerkiksi kolmen työntekijän työryhmä työskentelee kaksi tuntia, on kulunut yhteensä kuusi työntekijätuntia.
Työmenekki	Aika, jonka työntekijä, työryhmä tai kone tarvitsee yhden suoriteyksikön aikaansaamiseen, esimerkiksi tth/m^2 tai $\text{kone-h}/\text{m}^3$.
tth/brm^2	Kokonaistyömenekin yksikkö, joka kuvaa kuinka monta työntekijätuntia kuluu yhtä bruttoneliötä kohden.
tth/rm^3	Kokonaistyömenekin yksikkö, joka kuvaa kuinka monta työntekijätuntia kuluu yhtä rakennuskuutiota kohden.

1. JOHDANTO

Johdannon alussa esitetään tutkimuksen tausta. Tämän jälkeen esitetään tutkimuksen tavoitteet, vaiheet ja rajaukset. Seuraavaksi esitetään tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen suoritustapa. Luvun lopussa esitetään tutkimusraportin rakenne.

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakentamisessa aikataulujen on oltava realistisia ja täsmällisiä hankkeiden onnistumisen takaamiseksi. Rakennushankkeiden aikataulujen tarkkuus vaikuttaa merkittävästi kustannuksiin, laatuun ja asiakastyytyväisyyteen. 1990-luvun lama lisäsi aliurakointia rakentamisessa. Nykyisin ali- ja osaurakointiasteet ovat 45–100 %, minkä vuoksi pääurakoitsijan ja tilaajan on oltava entistä varmempia aikatauluistaan ja niiden ohjattavuudesta.

Nykyisin rakennushankkeiden alustava kesto arvioidaan tyypillisesti aikaisempien toteutuneiden hankkeiden ja kokemustiedon perusteella. Rakennushankkeen eri osapuolet tarvitsevat työkalua rakentamisajan keston alustavaan arviointiin hankkeen alkuvaiheessa.

Uudisrakentamisen ajoituskustannusmalli valmistui vuonna 1989 ja se on päivitetty käyttöliittymältään ja ominaisuuksiltaan vuonna 1993. Ajoitusmallin avulla voidaan määrittää hankkeen normaalikesto, alustava yleisaikataulu, rakennusvaiheiden ajoitukset ja kuu-kausittainen resurssitarve. Monet muutokset rakentamisessa aiheuttivat tarpeen ajoitusmallin ajantasaistamiselle.

Suomessa rakennustyön tuottavuus on kehittynyt hitaasti viimeisen 30 vuoden aikana. Toisaalta nykyisin rakennettavat uudisrakennukset eroavat paljon 25 vuotta sitten rakennetuista. Asuntorakentamisessa asiakkaiden sekä viranomaisten vaatimustasot ovat kasvaneet ja nykyisin rakennettavat asuinrakennukset ovat arkkitehtuuriltaan monimuotoisempia kuin aiemmin. Asuinrakennukset sisältävät myös enemmän tekniikkaa ja niiden laatu on viimeistellympää. Nykyisin toteutettavat toimistorakennushankkeet ovat suurempia ja niiden runkoratkaisut ovat tehokkaampia. Myös esivalmistettujen osien käyttö on lisääntynyt ja toimistot tehdään usein avotiloiksi, mikä on vähentänyt sisävalmistustöiden määrää.

Edellä mainittujen muutosten vuoksi rakentamisen aikajako on myös muuttunut. Talotekniikan määrä on kasvanut huomattavasti ja sen osuus koko hankkeen työtunneista on paljon suurempi kuin aikaisemmin. Talotekniikan määrän kasvun vuoksi taloteknisille töille ja luovutusvaiheelle on varattava enemmän aikaa. Pintarakenteiden osuus on kasvanut viimeisteltävien pintatöiden ja kasvaneiden laatuvaatimuksien myötä. Runkorakenteisiin

kuluva aika taas on pienentynyt elementtirakentamisen lisääntymisen ja kehittymisen myötä.

Tämä diplomityö tehtiin osana Rahaajos-tutkimus- ja kehityshanketta. Hankkeessa on kaksi osaprojektia: rakennushankkeen ajoitus ja rakennushankkeen ositus. Rakennushankkeen ajoitus –osio tuottaa mallit uudis- ja korjausrakentamisen työmaatoteutuksen ajoitukseen erilaisissa hankkeissa. Tämä diplomityö keskittyi uudisrakentamisen ajoitusmallin laatimiseen. Työn tilasi ja rahoitti Rakennusteollisuus RT ry. Diplomityötä ohjasi Anssi Koskenvesa Mittaviiva Oy:stä.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Diplomityön päätavoitteena oli luoda uusi uudisrakentamisen ajoitusmalli (Ajoitusmalli 3.0). Päätavoitteen saavuttamiseksi tutkimukselle asetettiin seuraavat osatavoitteet 1-7 ja välitulokset:

1. Hankkia perusteet uuden ajoitusmallin laatimiselle
 - Selvitys rakentamisvaiheen kestoon vaikuttavista tekijöistä
 - Selvitys rakentamisvaiheen keston alustavasta arvioinnista maailmalla
 - Perehtyminen vanhan ajoitusmallin teoriaan
 - Uusien pääryhmätasojen työmenekkien ja kokonaistyömenekkien määrittäminen
 - Selvitys mallin käytettävyyteen vaikuttavista tekijöistä
2. Selvittää miten aikajako on muuttunut rakentamisessa
 - Vanhan ajoitusmallin vertailutasojen mukaisten pääryhmätasojen työmenekkien ja kokonaistyömenekkien vertailu uusien lähteiden vastaaviin
3. Laatia uusi uudisrakentamisen ajoitusmalli
 - Uuden Excel-pohjan luonti mallille
 - Uusien laskentakaavojen määrittäminen
4. Hankkia syventävää tietoa ajoitusmallin kehittämiseen kyselytutkimuksen avulla
 - Selvitys rakentamisvaiheen keston ja ajoituksen arviointikeinoista
 - Selvitys työntekijätuntien jakautumisesta rakennusvaiheille
 - Selvitys rakentamisen aikajaon muuttumisen syistä
5. Hankkia kommentteja ja kehitysideoita ajoitusmallin kehittämiseen työpajan avulla
 - Uuden ajoitusmallin prototyypin esittely
 - Ajoitusmallin kehittäminen saatujen kehitysideoiden perusteella
6. Testata ajoitusmallin toimivuus
 - Käytettävyyden testaus rakennustekniikan opiskelijoiden avulla
7. Ajoitusmallin viimeistely

Ajoitusmallilla voidaan määrittää rakennusajan normaalikesto sekä rakennusvaiheiden normaaliajoitus kuukausitarkkuudella. Lisäksi ajoitusmallilla saadaan resurssien kuukausittainen jakauma ja hankkeen kuukausittainen tuntikertymä. Rakennushankkeen alkuvaiheessa erilaisten suunnitelmien vaikutuksia aikatauluihin ja resurssitarpeisiin voidaan simuloida helposti ajoitusmallin avulla. Ajoitusmallia voidaan käyttää vähäisin lähtötiedoin. Lähtötietoja lisäämällä saadaan tarkempia tuloksia.

Ajoitusmalli päivitettiin vastaamaan tämän päivän rakennustyypppejä, työmääriä ja työmenekkejä. Ajoitusmalli 3.0 huomioi nykyaikaisen rakentamisen erityispiirteet sekä mahdollistaa realistisen aikatauluraamin luomisen ja resurssitarpeiden määrittämisen erilaisille rakennushankkeille. Uudet kokonaistyömenekkien vertailutasot määritettiin asuinkerrostaloille, pienkerrostaloille, perinteisille toimistorakennuksille ja asuinrivitaloille. Omilla työmenekeillä Ajoitusmallia voidaan käyttää myös muille rakennustyypeille.

1.3 Tutkimusote, tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen kulku

Tutkimusotteena tutkimuksessa käytettiin konstruktiivista tutkimusotetta. Käytetyt tutkimusmenetelmät olivat kirjallisuuskatsaus, kyselytutkimus, työpaja sekä kontrolloidun kokeen tavoin järjestetty käytettävyytestaus. Diplomityö aloitettiin kesäkuussa 2015 ja työ valmistui joulukuussa 2015. Tutkimuksen kulku vaiheittain on esitetty kuvassa 1.1.



Kuva 1.1. Tutkimuksen kulku vaiheittain

Tutkimuksen päätavoitteena oli rakentaa innovatiivinen konstruktio eli uusi uudisrakentamisen ajoitusmalli. Tutkimus aloitettiin kirjallisuuskatsauksella, jolla perehdyttiin rakennushankkeen aikataulusuunnitteluun ja vanhoihin ajoitusmalleihin sekä tuotteen käytettävyyteen. Kirjallisuuskatsauksen perusteella määritettiin uudet rakennustyyppien kokonaistyömenekit ja pääryhmätasoiset työmenekit. Kirjallisuuskatsauksen yhteydessä suoritettiin vanhan ajoitusmallin aikaisten työmenekkien ja nykyaikaisten työmenekkien vertailu. Vertailulla selvitettiin miten rakentamisen aikajako on muuttunut 20 vuoden aikana. Lisäksi määritettiin eri tuotantotekniikoiden vaikutukset pääryhmätasoiisiin työmenekkeihin ja kokonaistyömenekkeihin.

Uudet normaalikestojen laskentakaavat koko rakennusajalle ja rakennusvaiheille määritettiin 12 hankkeen yleisaikataulujen ja laajuustietojen sekä vertailutason työmenekkien avulla. Pienten hankkeiden (kokonaistyöpanos alle 10 000 tth) rakennusajan normaalikeston laskentakaava määritettiin SUKE-ajoitusmallin ja vertailutason työmenekkitietojen avulla.

Tämän jälkeen laadittiin uusi ajoitusmallin Excel-pohja. Aikataulusuunnittelun asiantuntijoille lähetetyllä kyselytutkimuksella selvitettiin aikataulusuunnittelun käytäntöjä hankkeen alkuvaiheessa, työntekijätuntien jakautumista rakennusvaiheille ja rakentamisen aikajaaon muuttumisen syitä. Mallin prototyyppi esitettiin työpajassa, joka järjestettiin uudis- ja korjausrakentamisen ajoitusmallien diplomitöitä varten. Työpajasta saatiin paljon hyviä kehitysideoita ajoitusmallin Excel-pohjaan sekä jatkokehitysideoita tulevaisuuden ajoitusmallia varten.

Ajoitusmallia kehitettiin kyselytutkimuksen vastausten ja työpajan kommenttien perusteella. Lopuksi Ajoitusmallin käytettävyys testattiin TTY:n rakennustekniikan opiskelijoilla. Malli toimi testaajilla moitteettomasti ja selkeästi suurin osa testaajista koki mallin helppokäyttöiseksi ja selkeäksi, joten malliin ei tehty enää muutoksia.

1.4 Tutkimusraportin rakenne

Luvut 2 ja 3 muodostavat kirjallisuuskatsauksen. Luvussa 2 käsitellään rakentamisvaiheen kestoon vaikuttavia tekijöitä ja sen arviointia eri puolilla maailmaa. Luvussa 3 tutustutaan vanhoihin ajoitusmalleihin, uusiin vertailutasojen kokonaistyömenekkien lähteisiin ja käytettävyyteen, joiden perusteella uuden Ajoitusmallin prototyyppi laadittiin.

Luvussa 4 esitetään tutkimuksessa käytetyt tutkimusmenetelmät ja kuvataan tutkimuksen suoritustapa. Luvussa 5 vertaillaan kirjallisuuskatsauksessa läpikäytyjä vanhan ajoitusmallin vertailutasojen ja uusien lähteiden mukaisia pääryhmätasoisia työmenekkejä ja kokonaistyömenekkejä. Lisäksi luvussa 5 vertaillaan tuotantotekniikan muutosten vaikutuksia pääryhmätasoiisiin työmenekkeihin.

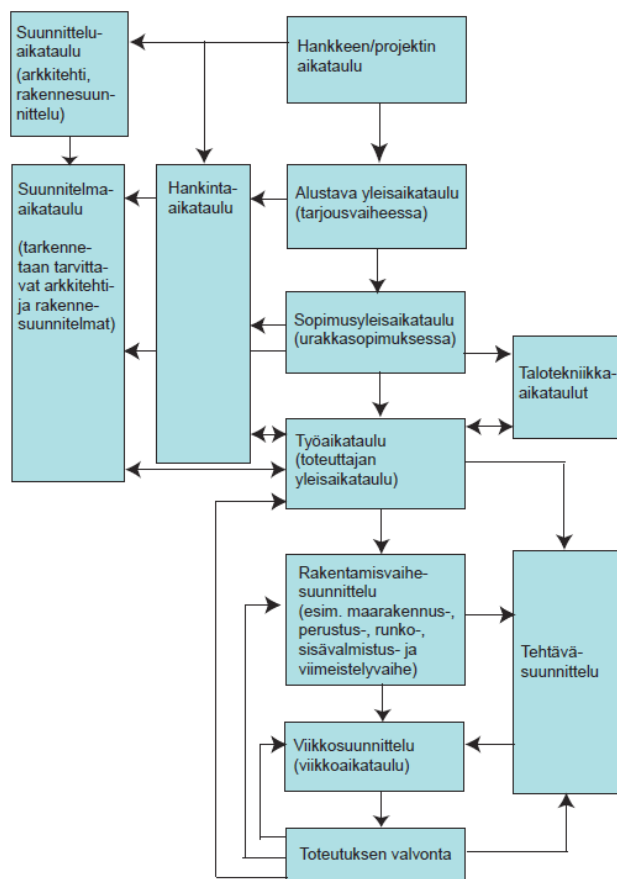
Luvussa 6 esitetään empiirisen tutkimusosion eli kyselytutkimuksen, työpajan ja käytettävyydestin tulokset. Luvussa 7 esitetään uuden ajoitusmallin teoriaperusta ja rakenne.

Luvussa 8 esitetään tutkimuksen johtopäätökset. Diplomityön liitteinä ovat kyselytutkimuksen kyselylomake, työpajan osallistujalista, käytettävyydestin tehtävänanto ja vastauslomake, normaalikestojen laskentaesimerkki ja ajoitusmallin käyttöohjeet.

2. RAKENTAMISVAIHEEN KESTO JA SEN ARVIOINTI

Luvussa perehdytään rakennushankkeen aikataulusuunnitteluun, rakentamisvaiheiden kestoihin vaikuttaviin tekijöihin ja rakentamisvaiheiden kestojen erilaisiin arviointitapoihin rakennushankkeen alkuvaiheessa.

Hankkeen keskeisimmät ratkaisut aikataulusuunnittelun kannalta tehdään hankesuunnitteluvaiheessa, jossa rakennuttaja päättää hankkeen ajalliset reunaehdot, tavoitteet ja laatii hankeaikataulun. Tämän jälkeen aikataulut tarkentuvat asteittain hankkeen edetessä tiettyihin ajankohtiin sidottuihin osatavoitteisiin ja määrätyn kestosiin tehtäviin. Kuvassa 2.1 on esitetty periaatekuvio rakennushankkeen aikataulusuunnittelusta. (Koskenvesa & Sahlstedt 2013.)



Kuva 2.1. Aikataulusuunnittelu hankkeen aikana (Koskenvesa & Sahlstedt 2013)

Tuotannon ajallisen suunnittelun menettelyjen ja aikataulujen tarkoituksena on toimia työmaan ohjauksen ja valvonnan välineinä. Aikataulujen tulee olla tarkkuustasoltaan

käyttötarkoitukseen sopivia, realistisia ja tavoitteellisia. Tärkeä tekijä aikataulusuunnittelun onnistumisessa on hyödyntää kaikki käytettävissä oleva tieto hankkeen edetessä ja tarkentaa ajallista suunnittelua sen mukaan. Lisäksi tärkeää on poikkeamien havaitseminen. Aikatauluilla pitää varautua tuotannon häiriötilanteisiin sekä suunnitelmien ja olosuhteiden muuttumiseen. (Koskenvesa 2011.)

Laadullisesti hyvä aikataulu on laadittu käyttäen lohko- ja työkohdeajattelua. Aikataulujen tehtävät on sijoitettu niin, että ne voidaan toteuttaa toisten tehtävien toteutuksen häiritsemättä. Aikataulun on oltava tuotannon ohjausta varten konkreettinen ja osoitettava toteutuman poikkeamat. Tämä edellyttää paikka-aikakaavioita ja jana-aikatauluja. Paikka-aikakaaviosta nähdään tyypilliset aikataulun ongelmat: liian lähekkäin tapahtuvat aloitus- ja lopetusajankohdat ja ristikkäin menevät tehtävät. (Kankainen & Sandvik 1999.).

2.1 Rakentamisvaiheen kesto

Rakentamisvaiheen keston vaikuttavat tekijät voidaan jakaa viiteen kategoriaan: projektin laajuus, projektin kompleksisuus, projektin ympäristö, johtamistaidot sekä muut tekijät. Projektin laajuudella tarkoitetaan rakennuksen rakentamiskustannuksia, korkeutta, kerrosten lukumäärää, bruttoalaa ja rakennustyyppiä. (Chan & Kumaraswamy 2002.) Mitä suurempi hanke on, sitä monimutkaisempaa rakentaminen on ja sitä kauemmin rakentaminen kestää. Rakennettavan rakennuksen korkeus ja kerrosmäärä vaikuttavat myös rakentamisen keston. Rakennuksen korkeus määrittää käytettävän tuotantotekniikan ja rakennuskaluston sekä työjärjestyksen. Rakentamisen keston vaikuttaa myös rakennuksen käyttötarkoitus ja rakennustyyppi. Monimutkainen paljon talotekniikkaa sisältävä rakennus on huomattavasti hitaampi rakentaa kuin tavallinen asuinkerrostalo. (Gopal 2015.)

Projektin kompleksisuudella eli monimutkaisuudella tarkoitetaan asiakkaan ominaisuuksia ja vaatimuksia, rakennusympäristöön liittyviä haasteita, suunnitelmien tarkkuutta, suunnittelun ohjauksen laatua ja laadunhallintaa (Chan & Kumaraswamy 2002). Kompleksisuus johtuu rakennuksien projektimaisuudesta ja voi vaikuttaa osaltaan käytettäviin tuotantotekniikoihin ja rakenneratkaisuihin, jotka vaikuttavat merkittävästi rakentamisen keston.

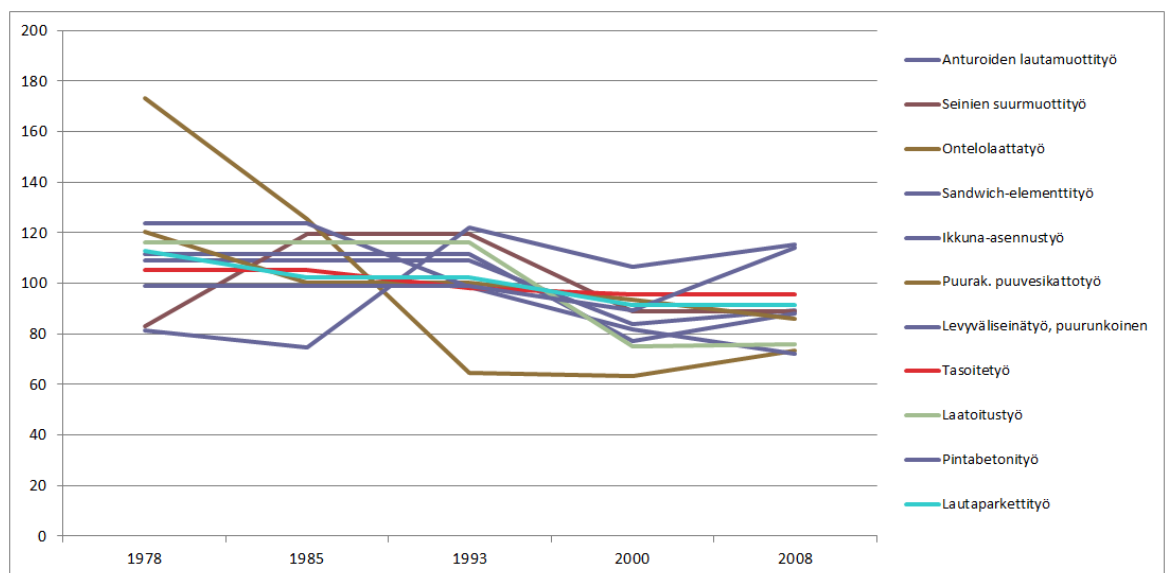
Projektin ympäristöllä ja rakennushankkeen sijainnilla voi olla merkittävä vaikutus rakentamisen keston. Sijainti vaikuttaa perustolosuhteisiin ja voi myös aiheuttaa rajoituksia liikenteelle sekä hankaloittaa työmaan hankintoja. Vaikea sijainti esimerkiksi keskustassa vaatii erikoisjärjestelyitä rakennuskaluston osalta ja vaikuttaa työn tuottavuuteen. (Gopal 2015.)

Johtamistaidoilla tarkoitetaan eri osapuolten kykyä johtaa projektin sidosryhmiä omalta osaltaan. Sidosryhmien kommunikaatiotaidot ja päätöksenteon nopeus vaikuttavat rakennusvaiheen keston. (Chan & Kumaraswamy 2002.) Myös rakennushankkeen henkilöstöllä voi olla suuri vaikutus rakentamisvaiheen keston. Merkittävät tekijät hyvän tuottavuuden saavuttamiseksi ovat työnjohdon pätevyys, työntekijöiden koulutus ja motivaatio. (Gopal 2015.)

Rakennuttaja määrittää koko hankkeen rakentamisaian. Rakennushankkeen varsinaiseen rakentamiseen varattuun aikaan voivat vaikuttaa muun muassa tilan tarve ja rakennuksen suunniteltu käyttöönottoajankohta, tilaajan ja rakennuttajan käsitys kohtuullisesta rakennusajasta, rahoitustilanne ja myyntimahdollisuudet sekä viranomaisten toiminta ja suunnitelmien valmistuminen. Rakentamisen läpivientiin ja aikataulutukseen vaikuttavat muun muassa olosuhteet, päärakennusmateriaali, rungon tuotantotekniikka, talotekniset järjestelmät, toteutusmuoto- ja tapa, rakennusfysikaaliset tekijät sekä aloitusajankohta. (Koskenvesa & Sahlstedt 2013.)

2.1.1 Tuottavuuden kehitys

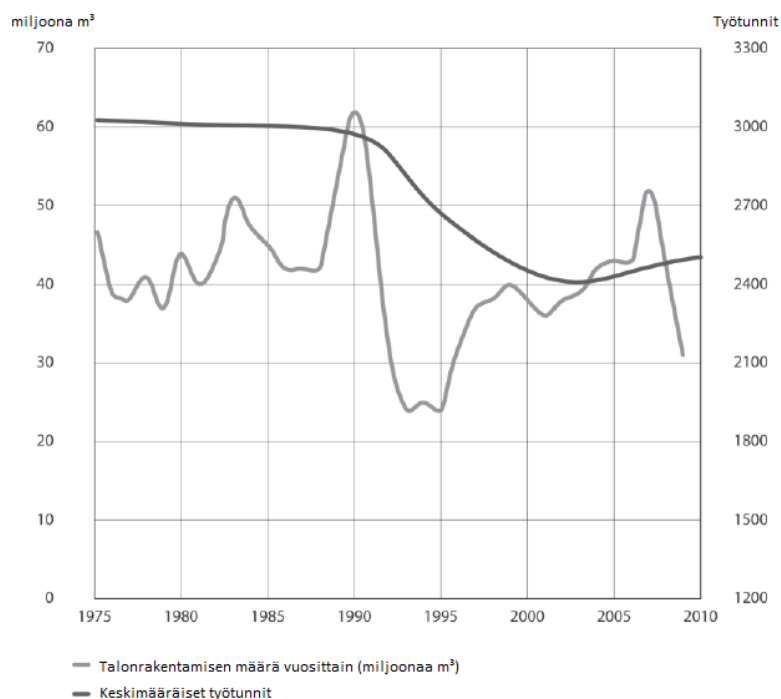
Suomessa rakennusalan tuottavuus on kehittynyt hitaasti viimeisen 30 vuoden aikana. Tuottavuus on kehittynyt 1975-luvulta puolen prosentin vuosittaisella kasvuvauhdilla kuten monissa muissakin maissa. Koskenvesa (2010) tutki rakennustyön tuottavuuden kehitystä kahdentoista satunnaisesti valitun työlahin perusteella. Tutkimuksen mukaan työsaavutukset eli työn tuottavuus ei ole parantunut merkittävästi, joka on esitetty kuvassa 2.2. (Koskenvesa 2010.)



Kuva 2.2. Työmenekkien kehitys satunnaisesti valitun 12 työlahin osalta (muokattu lähteestä Koskenvesa et al. 2010)

Työmenekkien, työsaavutuksien ja työn tuottavuuden kehitys on ollut samansuuntainen lukuun ottamatta kolmea työläjää. Ontelolaatta-asennuksien, seinien suurmuottitöiden ja seinien elementtiasennuksien työsaavutuksissa on tapahtunut muutoksia. Tuote- ja kalustoteknologiassa tapahtuneet muutokset selittävät ontelolaatta-asennuksien suuren työmenekin laskun. Ontelolaatat vakiinnuttivat asemansa välipohjaratkaisuna 1980-luvulla, jolloin työmenetelmät sekä tuote kehittyivät. Seinien runkotöiden työmenekit ovat puolestaan kasvaneet siirryttäessä 1970-luvun standardiratkaisuista monimuotoisempaan ja pienipiirteisempään arkkitehtuuriin ja rakentamiseen. (Koskenvesa 2010.)

Merkittävin kehitys tuottavuudessa tapahtui 1990–1994 laman ja sen jälkeisenä aikana. Rakentamisen määrän suuri lasku johti vaiheeseen, jolloin tuottavuus oli korkeimmillaan. Laman aikana uusia yrityksiä perustettiin, vanhoja yrityksiä ostettiin ja aliurakointi lisääntyi. Kansainväliset rakennusyritykset tulivat Suomen markkinoille, monet yritykset jakautuivat ja samalla yritysten omistussuhteet muuttuivat. Laman aikana vain parhaat yritykset pysyivät rakentamisen parissa. (Koskenvesa *et al.* 2010.) Urakat olivat tiukkoja ja tavoitteellisia pakottaen aliurakoitsijat ja työryhmät suunnittelemaan sekä toteuttamaan työnsä hyvin suunnitellen ja tavoitteisiin ohjaten. Laman mukanaan tuomat tavat organisoida työt uudelleen, sopimustekniikka, resursseissa tapahtuneet muutokset ja ajan henki vaikuttavat parantaneen rakennustyön tuottavuutta työläjitasolla tarkasteltuna. Vuosittainen rakentamisen määrä vaikuttaa rakentamisen tuottavuuteen, joka on esitetty kuvassa 2.3. Tutkimuksen perusteella rakentamisen määrän laskiessa tuottavuus paranee. (Koskenvesa 2010.)



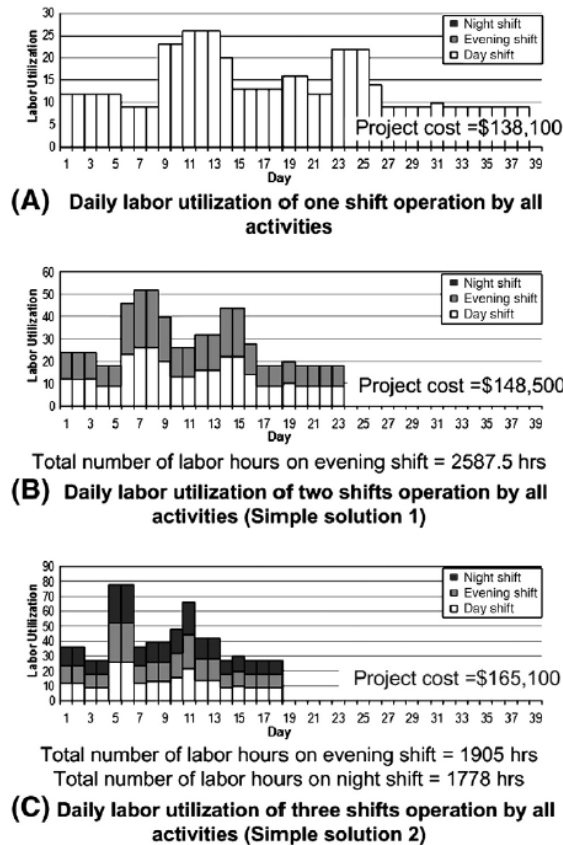
Kuva 2.3. Rakentamisen vuosittaisen määrän (miljoonaa m³) ja tuottavuuden kehitys (keskimääräiset työtunnit) (muokattu lähteestä Koskenvesa *et al.* 2010)

2.1.2 Kaksi- ja kolmivuorotyöskentelyn vaikutukset

Kaksi- ja kolmivuorotyöskentelyllä voidaan lyhentää rakentamisvaiheen kestoja ja pysyä kireässä rakennusaikataulussa. Kahden tai kolmen 8 tunnin työvuoron käytöstä on useita hyötyjä. Suurin hyöty aikataulun nopeuttamiseksi on lähes kaksin- tai kolminkertaiset viikoittaiset työtunnit. (Hanna *et al.* 2008.) Ilta- ja yövuoroista maksettavat palkat ovat usein pienempiä kuin ylitöistä maksettavat palkat, mikä parantaa kustannustehokkuutta erityisesti suurissa ja aikataulultaan kireissä hankkeissa, joissa ylitöitä olisi todennäköisesti paljon. Lisäksi ylitöissä tehdyn työn tuottavuus laskee usein työntekijöiden väsymyksen ja mestojen ruuhkaisuuden vuoksi.

Useassa työvuorossa työskentelystä on myös negatiivisia vaikutuksia: suuremmat rakentamiskustannukset, heikompi tuottavuus ja työturvallisuus. Ylimääräisiä kustannuksia aiheutuu vuorotyölisistä, yövuorojen valaistustarpeesta, laadunvalvonnasta ja turvallisuuden varmistamisesta. (Min-Yuan & Duc-Hoc 2015.) Yövuoroissa työskentely aiheuttaa valvomisrytmin muutoksia ja ei sovi kaikille työntekijöille. Seurauksena työn tuottavuus heikkenee työntekijöiden väsymyksen, terveyshäiriöiden, sosiaalisen elämän häiriöiden ja heikentyneen työmotivaation myötä. Lisäksi useassa työvuorossa työskenneltäessä tapahtuu todennäköisemmin työtapaturmia. Suurin riski on yövuoroissa, mutta jo iltavuoroissa tapahtuu enemmän työtapaturmia kuin päivävuoroissa. Suurin osa työntekijöistä haluaa työskennellä mieluiten päivävuoroissa. Kaksi- ja kolmivuorotyöskentely lisääkin työvoiman vaihtuvuutta ja poissaoloja. Näiden negatiivisten vaikutusten vuoksi useassa työvuorossa työskentelyä pitäisi toteuttaa niin vähän kuin mahdollista. (Jun & El-Rayes 2009.) USA:ssa käytössä oleva rakennustuotannon suunnitteluohje suosittelee kasvattamaan työryhmien kokoja iltavuoroissa 20 % ja yövuoroissa 30 %, jolloin saavutetaan päivävuoroja vastaava tuottavuus (Kitchens 1996).

USA:ssa tehdyssä Jun & El-Rayesin (2009) tutkimuksessa laadittiin malli, joka optimoi vuorotyöskentelyn määrän minimoiden rakentamisen keston, kustannukset ja vuorotyöskentelyn negatiiviset vaikutukset. Lisäksi malli huomioi työvoiman saatavuuden. Kuvassa 2.4 on esitetty mallin perusteella lasketut vaihtoehdot malliprojektin toteuttamiseksi. Projekti koostuu 15 työkokonaisuudesta. Päivävuoron pituus on 8 tuntia, iltavuoron pituus on 7,5 tuntia ja yövuoron pituus on 7 tuntia. Esimerkin työryhmien koko vaihtelee 3-8 työntekijän välillä työkokonaisuudesta riippuen. (Jun & El-Rayes 2009.)



Kuva 2.4. Vuorotyöskentelyn vaikutukset projektin keston ja välittömiin projektikustannuksiin. A-tapaus kuvaa yksivuorotyöskentelyä, B-tapaus kaksivuorotyöskentelyä ja C-tapaus kolmivuorotyöskentelyä (Jun & El-Rayes 2009)

Vuorotyöskentelyllä saavutetaan aikasäästöjä, mutta samalla välittömät kustannukset kasvavat (Jun & El-Rayes 2009). Taulukossa 2.1 on esitetty yhteenvetona miten vuorotyöskentely vaikuttaa malliprojektin keston ja sen välittömiin kustannuksiin.

Taulukko 2.1. Vuorotyöskentelyn vaikutukset malliprojektin keston ja sen välittömiin kustannuksiin. Keston lyhentyminen ja kustannusten kasvu ovat prosentteina 1-vuorotyöskentelyyn nähden (muokattu lähteestä Jun & El-Rayes 2009)

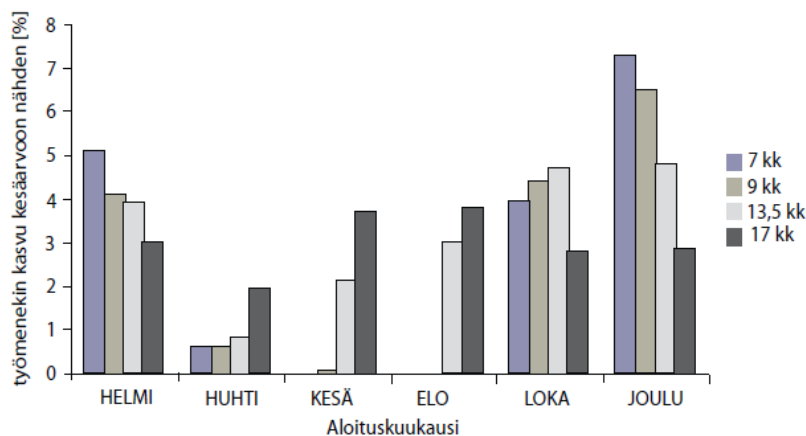
Työskentelytapa	Rakentamisen kesto	Keston lyhentyminen	Välittömät kustannukset	Kustannusten kasvu
A: 1-vuorotyöskentely, aamuvuorot	38 päivää		138,100\$	
B: 2-vuorotyöskentely, aamu- ja iltavuorot	23 päivää	-39 %	148,500\$	8 %
C: 3-vuorotyöskentely, aamu-, ilta- ja yövuorot	18 päivää	-53 %	165,100\$	20 %

Ensimmäisessä vaihtoehdossa tehdään töitä vain päivisin, jolloin rakentaminen kestää 38 päivää ja projektin välittömät kustannukset ovat \$138,100. Toisessa vaihtoehdossa tehdään töitä päivä- ja iltavuoroissa, jolloin rakentamisen kesto lyhenee 39 %, mutta samalla välittömät kustannukset kasvavat 8 %. Viimeisessä vaihtoehdossa töitä tehdään kolmessa vuorossa, jolloin rakentamisen kesto lyhenee 53 %, mutta samalla välittömät kustannukset kasvavat 20 %. (Jun & El-Rayes 2009.)

2.1.3 Talvirakentamisen vaikutukset

Rakentaminen talvella pidentää rakennusaikaa. Suojaus, lumityöt ja muut talvilisätyöt aiheuttavat keskeytyksiä rakentamiseen. Talvi myös kasvattaa työmenekkejä. Kokonaistyömenekin kasvuun talvella vaikuttavat töiden talvityöhaitat ja -lisät, lyhyiden ja pidempien tuotantokatkosten sekä -keskeytysten lisääntyminen, talvilisätyöt sekä työnaikaiset asennukset. (Koskenvesa & Sahlstedt 2013.) Töiden talvityölisillä tarkoitetaan talvella työn tekemiseen liittyviä töitä, esimerkiksi talvibetonointiin saman työryhmän tekeminä sisältyvät suojaus- sekä lumi- ja jäätyöt. Tuotantokatkot lisääntyvät talvella muun muassa työkonoiden käyttövaikeuksista ja pakkasen rikkomien koneiden aiheuttamien odotuksien vuoksi. Myös työmaan pakkasrajat sekä talvilomat ja arkipyhät aiheuttavat katkoksia rakentamiseen talvella. Lisäksi materiaalien käytön lämpötilarajoitukset ja niiden vaatimat suojaukset sekä koneiden ja laitteiden käyttörajoitteet voivat vaikuttaa aikatauluun. (Palomäki 2010.)

Talven vaikutusten suuruus riippuu rakennustyön aloitusajankohdasta. Maarakentamisen sekä perustus- ja runkovaiheen ajoittuessa talveen vaikutukset ovat yli vuoden mittaisissa hankkeissa huomattavasti suuremmat kuin sisävalmistusvaiheen ajoittuessa talveen. (Koskenvesa & Sahlstedt 2013.) Kuvassa 2.5 on esitetty työmenekin vaihtelu prosentteina kesäarvoon nähden kestoltaan eripituisille hankkeille.



Kuva 2.5. Laajuudeltaan erilaisten kohteiden työmenekin vaihtelu kesäarvoon nähden, yksikkönä prosentti (Saarikivi & Kankainen 1989)

Talonrakennuksen ajoituskustannusmalli huomioi talven vaikutukset rakennusvaiheiden työmenekkeihin eri alueilla. Aluejako on esitetty kuvassa 2.6.

2.2 Rakentamisvaiheen keston alustava arviointi

Rakentamisvaiheen kesto pitäisi saada arvioitua luotettavasti jo aikaisessa vaiheessa rakennushanketta. Arvio tarvitaan esimerkiksi tarjouspyyntöjä varten ja usein jo ennen kuin suunnitelmat ovat valmiit. Tätä varten maailmalla on kehitetty useita tilastollisia malleja, joilla voidaan arvioida rakentamisvaiheen kestoja. (Chan & Chan 2004.) Lista rakennushankkeiden keston määrittämiseen olevista malleista ja mallien muuttujista on esitetty taulukossa 2.3.

Taulukko 2.3. Lista eri puolilla maailmaa laadituista malleista rakennusajan keston arviointiin sekä muuttujat joihin mallit perustuvat (muokattu lähteestä Stoy et al. 2007)

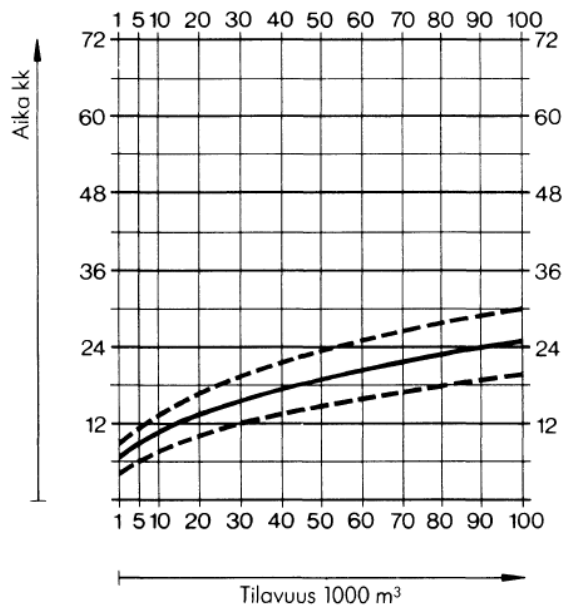
Tutkija(t)	Kohdemäärä (maa)	Muuttujat
Bromilow et al.	395 (Australia)	Rakentamiskustannukset Rakennuksen ikä Asiakas (valtio/yksityinen)
Chan & Kumaraswamy	111 (Hong Kong)	Asiakas (valtio/yksityinen) Projektityyppi (rakennus/muu) Rakentamiskustannukset Bruttoala Kerrosmäärä
Walker	33 (Australia)	Rakentamiskustannukset Urakkamuoto Tilaajan tavoitteet Johtamistapa Tiedonkulku suunnittelijoiden ja urakoitsijan välillä
Chan	110 (Hong Kong)	Rakentamiskustannukset Asiakas (valtio/yksityinen)
Chan & Kumaraswamy	56 (Hong Kong)	Ulkoseinien pinta-ala Maanpäällisten kerrosten lukumäärä Keskimääräinen kerrosala Runkotyyppi (elementit/paikallarakentaminen) Perustustyyppi Tiedonkulku suunnittelijoiden ja urakoitsijan välillä Rakennuksen käyttötarkoitus (vuokra/omistus)
Boussabaine	230	Rakentamiskustannukset Markkinatilanne Urakkamuoto Urakan sisältö
Chan	51 (Malesia)	Rakentamiskustannukset
Ng et al. Skitmore & Ng	93 (Australia)	Rakentamiskustannukset Rakennuksen käyttötarkoitus (vuokra/omistus) Markkinatilanne Urakkamuoto Asiakas (valtio/yksityinen) Rakennuksen ikä
Chan & Kumaraswamy	71 (Hong Kong)	Rakentamiskustannukset Runkotyyppi (elementit/paikallarakentaminen) Rakennustilavuus Keskimääräinen kerrosala Asiakas (valtio/yksityinen)
Love et al.	161 (Australia)	Bruttoala Kerrosmäärä

Useimmiten esiintyviä muuttujia malleissa ovat rakennuskustannukset ja rakennuksen bruttoala, joita myös painotetaan malleissa. Myös rakennusten kerrosmäärää ja keskimääräistä kerrostasoa on käytetty malleissa muuttujina. Rakennusratkaisujen vaikutukset

rakennusvaiheen keston huomioidaan osassa malleista, esimerkiksi rungon ja perustuksien osalta. Lisäksi malleissa on vähemmän vaikuttavia muuttujia, esimerkiksi yksi tällainen muuttuja voi olla tilaajasta riippuva (julkinen vai yksityinen). Myös kommunikointitaitoja ja hankkeen johtamistaitoja on painotettu osassa malleista. (Stoy *et al.* 2007.)

2.2.1 Suomi

Kuvassa 2.7 on esitetty Suomessa pitkään käytössä ollut kaavio, jolla voidaan arvioida karkeasti rakennusvaiheen kesto, kun rakennustilavuus tunnetaan.



Kuva 2.7. Rakentamisvaiheen ajantarve, rakentamispäätöksestä vastaanottopäätökseen. Ehyt viiva kuvaa tavanomaista hanketta, katkoviivat ääritapauksia (RT 10–10387 1989)

Suunnittelu järjestelmän kehittämishankkeessa (Suke) on laadittu Suke-ajoitusmalli projektinjohtorakentamiseen. Toteutetuista kohteista havaittiin, että rakennustöiden kesto on keskimäärin 20 % RT 10–10387 –kortin arvoja lyhyempi ja suurissa PJ-kohteissa enemmänkin. Suke-ajoitusmallin mukaiset rakennushankkeen eri vaiheiden kestot rakennustilavuudeltaan erikokoisille hankkeille on esitetty taulukossa 2.4. (Kruus *et al.* 2006.)

Taulukko 2.4. SUKE-ajoitusmallin mukaiset rakennushankkeen eri vaiheiden kestot helppolle, tavanomaiselle ja vaativalle kohteelle (Kruus et al. 2006)

Helppo kohde													
rm3	suunnittelun kesto		yleis-suunnittelu	toteutussuunnittelu		TE	HE	rakentamisen valmistelu	TJ	HJ	rakentamisen kesto	suunnittelu +rakentaminen	
	ketjum.	PJ-tot.		ketjum.	PJ-tot. (<)							ketjum.	PJ-tot.
1000	5	7	2	2	5	1	1	1	4	3	4	9	7
2000	5	8	2	2	6	1	1	1	5	4	5	10	9
5000	7	10	3	3	7	1	1	1	6	5	6	13	11
10000	8	11	3	3	8	1	1	2	7	6	7	15	12
20000	10	13	4	4	9	2	1	2	8	7	8	18	15
30000	11	16	4	5	12	2	2	2	10	9	10	21	17
40000	12	18	5	5	13	2	2	2	10	9	11	23	20
50000	14	19	5	6	14	2	2	3	11	10	12	26	21
60000	15	21	6	6	15	3	2	3	12	11	13	28	23
70000	16	22	6	7	16	3	2	3	13	12	14	30	25
80000	17	23	6	8	17	3	2	3	14	13	15	32	26

Tavanomainen kohde													
rm3	suunnittelun kesto		yleis-suunnittelu	toteutussuunnittelu		TE	HE	rakentamisen valmistelu	TJ	HJ	rakentamisen kesto	suunnittelu +rakentaminen	
	ketjum.	PJ-tot.		ketjum.	PJ-tot. (<)							ketjum.	PJ-tot.
1000	7	9	3	3	6	1	1	1	5	4	5	12	10
2000	8	10	3	3	7	1	1	2	6	5	6	14	11
5000	10	12	4	4	8	1	1	2	7	6	7	17	13
10000	11	14	4	5	10	2	1	2	9	8	9	20	16
20000	14	18	5	6	13	2	2	3	10	9	11	25	20
30000	15	21	6	6	15	3	2	3	12	11	13	28	23
40000	17	22	6	7	16	3	2	4	13	12	14	31	25
50000	17	23	6	7	17	3	2	4	14	13	15	32	26
60000	19	25	7	8	18	3	2	4	15	14	16	35	29
70000	19	28	7	8	21	4	3	4	17	15	18	37	31
80000	22	30	8	9	22	4	3	5	18	16	19	41	34

Vaativa kohde													
rm3	suunnittelun kesto		yleis-suunnittelu	toteutussuunnittelu		TE	HE	rakentamisen valmistelu	TJ	HJ	rakentamisen kesto	suunnittelu +rakentaminen	
	ketjum.	PJ-tot.		ketjum.	PJ-tot. (<)							ketjum.	PJ-tot.
1000	11	11	4	4	7	1	1	3	6	5	6	17	12
2000	11	13	4	4	9	2	1	3	8	7	8	19	15
5000	15	17	5	6	12	2	2	4	10	9	10	25	18
10000	16	18	5	7	13	2	2	4	10	9	11	27	20
20000	20	23	7	8	16	3	2	5	13	12	14	34	26
30000	23	25	8	9	17	3	2	6	14	13	15	38	28
40000	24	29	8	10	21	4	3	6	17	15	18	42	32
50000	26	31	9	11	22	4	3	6	18	16	19	45	35
60000	27	33	9	11	24	4	3	7	20	18	21	48	37
70000	29	35	10	12	25	4	3	7	21	19	22	51	40
80000	32	37	11	13	26	4	3	8	22	20	23	55	42

Taulukossa 2.4 TE on ennen rakentamisen alkua tehtävien hankintojen toteutussuunnittelu, HE on ennen rakentamisen alkua tehtävät hankinnat, TJ on rakentamisen aikana tehtävien hankintojen toteutussuunnittelu ja HJ on rakentamisen aikana tehtävät hankinnat. Projektinjohtototeutuksessa suunnittelu liittyy osittain rakentamisen kanssa ja sen vuoksi rakennushankkeen kokonaiskesto lyhenee. Korjaushankkeissa kestot ovat 1,2–1,3-kertaiset uudisrakennuksen kestoihin verrattuna riippuen korjausasteesta (50–100 %), kun kohde ei ole käytössä. (Kruus et al. 2006.)

Talonrakennuksen ajoituskustannusmalliin ja talonrakennushankkeen ajoitusmalliin 2.0 perehdytään luvuissa 3.1 ja 3.2.

2.2.2 Iso-Britannia

Iso-Britanniassa tehdyssä tutkimuksessa laadittiin mallit, joilla voidaan arvioida asuinrakennusten rakentamiskustannuksia ja rakennusajan kestoja. Kustannusmalli toimii sellaisenaan, mutta aikataulumallin tulos riippuu kustannusmallin tuloksesta. Mallit laadittiin 54 asuinrakennushankkeen perusteella, jotka oli toteutettu eri puolilla Iso-Britanniaa. Mallit perustuvat monen muuttujan regressioanalyysiin. Hankkeen rakentamiskustannukset (punnissa) saadaan kaavalla:

*Model I: Cost = Constant + Units * Unit coef. + Operation coef. + Sub-type coef. + Abnormality coef. + Start month coef. + Horizontal access coef.*

jossa Constant on -226636.1, Units on asuntojen lukumäärä, Unit coef. on 7639.3, Operation coef.:n arvo riippuu rakennustoimenpiteen tyypistä, Sub-type coef.:n arvo riippuu rakennustyyppistä, Abnormality coef.:n arvo riippuu poikkeamista, Start month coef.:n arvo riippuu rakentamisen aloituskuukaudesta ja Horizontal access coef.:n arvo riippuu rakentamispaikasta. (Khosrowshahi & Kaka 1995.) Muuttujien arvot valitaan taulukon 2.5 mukaisesti.

Taulukko 2.5. Kustannusmallin muuttujat (muokattu lähteestä Khosrowshahi & Kaka 1995)

Vakio 1 (Constant)	Vakio 2 (Unit coef.)	Projektityyppi (Operation coef.)	Projektityyppi (Sub-type coef.)	Poikkeamat (Abnormality coef.)	Aloituskaukausi (Start month coef.)	Rakentamispaikka (Horizontal access coef.)
-226636	7639	Saneeraus: 156579	Esteetön rakennus: 415060	Työvirhe: 104939	Tam: 112133	Hyvä: 0
		Muutos: 0.0	Julkinen rakennus: 128791	Viive: -76341	Hel: 172878	Tavallinen 166468
		Laajennus: -97883	Omakotitalo: 143170	Resurssit: -131877	Maa: 148374	Vaikea: 509697
		Uudisrakennus: 0.0		Muutokset: 22333	Huh: 95438	
				Ei poikkeamia: -65711	Tou: 209211	
				Muut: 155245,3	Kes: 40544	
					Hei: 126065	
					Elo: 151234	
					Syy: 100793	
					Lok: 65863	
					Mar 0,0	
					Jou 0,0	

Mallilla voidaan huomioida myös rakennushankkeen sijainti. Kertomalla kaavasta saatu kustannusarvo sijainnin kertoimella saadaan sijaintia vastaava kustannus selville. Rakennusvuotta vastaava kustannustaso saadaan kertomalla laskettu kustannus erillisellä rakennusvuosittaisella kertoimella. Aikataulumallin mukaan hankkeen rakennusaika kuukausina saadaan kaavasta:

*Model II: Exponential (Duration) = Constant + Log_e(Cost) * Cost coef. + Horizontal access coef. + Buildability coef. + Scope coef. + Operation coef. + Frame coef. + Units * Unit coef. + Start month coef. + Abnormality coef. + Floor coef.*

jossa Constant on 0.3441921, Cost on rakennuskustannus kustannusmallin mukaan, Cost coef. on 0.167443, Horizontal access coef.:n arvo riippuu rakentamispaidan olosuhteista, Buildability coef.:n arvo riippuu rakennushankkeen kompleksisuudesta, Scope coef.:n arvo riippuu rakennushankkeen laajuudesta, Operation coef.:n arvo riippuu rakennustoi-
menpiteen tyypistä, Frame coef.:n arvo riippuu runkomateriaalista, Units on asuntojen lukumäärä, Unit coef. on 0.00295, Start month coef.:n arvo riippuu rakentamisen aloitus-
kuukaudesta, Abnormality coef.:n arvo riippuu muista poikkeamista, jotka aiheuttavat kustannuksia ja Floor coef.:n arvo riippuu käytetystä lattiamateriaalista. (Khosrowshahi & Kaka 1995.) Taulukossa 2.6 on esitetty kaavassa esiintyvien muuttujien arvot.

Taulukko 2.6. Aikataulumallin muuttujat (muokattu lähteestä Khosrowshahi & Kaka 1995)

Vakio 1 (Constant)	Vakio 2 (Cost coef.)	Rakentamispaidka (Horizontal access coef.)	Monimuotoisuus (Buildability coef.)	Hankkeen laajuus (Scope coef.)	Projektityyppi (Operation coef.)
0,3441	0,1674	Hyvä: -0,2673 Tavallinen: -0,0699 Vaikea: 0,0	Yksinkertainen: 0,6470 Haastava: 0,4994	Yksittäinen rakennus: -0,7871 Usea rakennus: -0,3020 Iso rakennus: 0 Erilaisia rakennuksia: 0,2689	Saneeraus: -0,3073 Muutos: 0,0 Laajennus: -0,4850 Uudisrakennus: -0,277

Runkomateriaali (Frame coef.)	Vakio 3 (Unit coef.)	Aloituskaukausi (Start mont coef.)	Poikkeamat (Abnormality coef.)	Lattiamateriaali (Floor)
Teräs: 0,7119	0,0029	Tam: -0,0228	Työvirhe: -0,3601	Betoni: -0,1816
Tiili: -0,0211		Hel: 0,0757	Viive: -0,1290	Teräs: 0
Betoni: 0,3675		Maa: 0,1315	Resurssit: 0,7195	Puu: 0
Puu: 0		Huh: 0,0171	Muut: 0,276079	Tiili: 0
		Tou: 0,0415	Ei poikkeamia: 0,3007	
		Kes: 0,0121		
		Hei: -0,0995		
		Elo: 0,4198		
		Syy: 0,1064		
		Lok: 0,2075		
		Mar 0,0		
		Jou 0,0		

Mallit toimivat luotettavasti vain Iso-Britannian alueen asuntotuotannon arvioinnissa. Testauksen perusteella mallien tarkkuus oli 81,4 % kustannuksille ja 92,7 % aikatauluille. (Khosrowshahi & Kaka 1995.)

2.2.3 Saksa

Saksassa tehdyssä tutkimuksessa laadittiin malli rakentamisnopeuden arviointiin. Malli laadittiin regressioanalyysin avulla 216 rakennushankkeen aineistojen perusteella. Kaikki rakennushankkeet ovat Saksassa toteutuneita hankkeita. Aineistosta ei saatu tietoa hankkeiden onnistumisesta esimerkiksi kommunikaation tai johtamisen näkökulmista, jo-
ten niitä ei huomioitu muuttujina mallia laadittaessa. Aineiston perusteella valittiin 3 mer-

kittävintä muuttujaa mallia varten. Valitut muuttujat ovat hankkeen koko bruttoalana, talvien määrä rakentamisen aikana ja suunnittelun kesto kuukausina. Rakennushankkeen rakentamisnopeus (bruttoala/kk) saadaan kaavalla:

$$y = e^{(6.482)} * e^{(0.968 \ln(x_1))} * e^{(-0.361x_2)} * e^{(-0.469 \ln(x_3))}$$

jossa y on rakentamisnopeus (bruttoala/kk), x_1 on hankkeen bruttoala (1000 brm²), x_2 on talvien määrä rakentamisen aikana ja x_3 on suunnittelun kesto kuukausina.

Suurin vaikutus on hankkeen koolla ja pienin vaikutus on suunnittelun kestolla. Projektin koon kasvaessa rakentamisnopeus kasvaa. Tutkimuksen mukaan rakentamisnopeus kasvaa noin 0,97 % projektin koon kasvaessa 1 %:n. Talvilla on vastaavasti negatiivinen vaikutus rakentamisnopeuteen. Jokainen talvi vähentää rakentamisnopeutta noin 30 %. Tutkimuksessa havaittiin, että suunnittelun keston pidentyminen hidastaa rakentamisnopeutta. Yhden prosentin lisäys suunnittelun kestossa pienentää rakentamisnopeutta noin 0.47 %. Rakentamisnopeuden mallia testattiin 16 kohteelle ja virheen keskiarvoksi saatiin 20 %. (Stoy *et al.* 2007.)

2.2.4 Espanja

Espanjassa tehdyssä tutkimuksessa laadittiin malli, jolla voidaan arvioida rakennusajan kestoja rakennushankkeille Espanjassa. Malli laadittiin 168 erilaisen projektin perusteella monen muuttujan regressioanalyysin avulla. Projektityyppejä oli monenlaisia: erilaisia asuinrakennuksia, toimistorakennuksia, urheilu- ja viihderakennuksia, terveys- ja hyvinvointirakennuksia, kulttuurirakennuksia ja muita rakennuksia. Jokaista projektityyppiä oli vähintään 15 ja asuntoprojekteja oli yhteensä 81. Samantyyppisten rakennusten laajuus ja kustannukset vaihtelivat runsaasti. Regressioanalyysin avulla saatiin kaava rakentamisnopeudelle (m²/kk):

$$Speed = e^{0.746} * e^{0.852 \ln(T_{GFA})} * e^{-0.120 \ln(T_{Floors})} * e^{-0.359 \ln(Standard)} * e^{Type}$$

jossa T_{GFA} on rakennuksen bruttoala, T_{Floors} on kerrosten lukumäärä, $Standard$ on rakentamiskustannukset jaettuna rakennuksen bruttoalalla ja $Type$ riippuu rakennustyyppistä (-0.272 omakotitaloille, 0.376 toimistorakennuksille ja 0 muille rakennustyypeille).

Toinen regressioanalyysin perusteella saatu kaava kuvaa rakennusajan kestoja kuukausina:

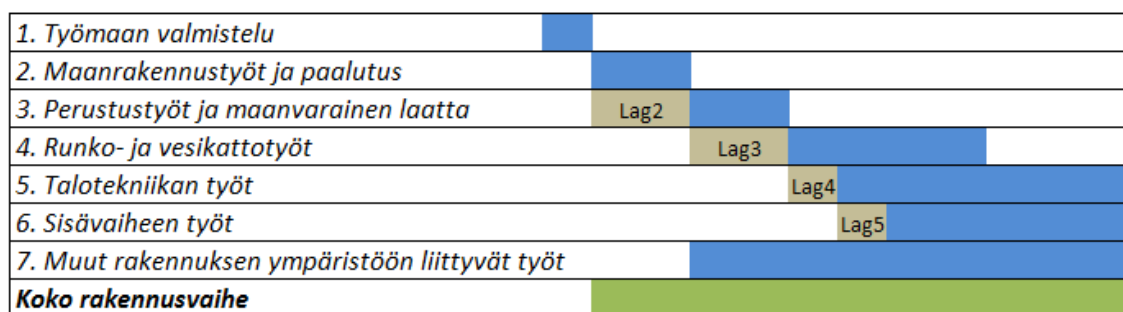
$$Time = 0.474 * T_{GFA}^{0.148} * T_{Floors}^{0.120} * Standard^{0.359} * Type$$

jossa T_{GFA} on rakennuksen bruttoala, T_{Floors} on kerrosten lukumäärä, $Standard$ on rakentamiskustannukset jaettuna rakennuksen bruttoalalla ja $Type$ riippuu rakennustyyppistä (1.313 omakotitaloille, 0.687 toimistorakennuksille ja 1 muille rakennustyypeille).

Tutkimuksen perusteella suurin vaikutus hankkeiden kestoon oli rakennuksen bruttoalalla. Huomioimalla myös rakentamiskustannukset saatiin tarkempi ennuste rakentamisnopeudesta. Mallit huomioivat hyvin hankkeiden laajuuksien vaikutukset kestoihin ja rakentamisnopeuksiin. Täten mallilla saadaan hyvin arvioitua rakennusajan kesto. Mallin antamat tulokset eivät kuitenkaan vastaa todellisuutta mikäli työmaalla on esimerkiksi tavallista enemmän työntekijöitä tai se poikkeaa projektityypeistä, joihin malli perustuu. (Guerrero *et al.* 2014.)

2.2.5 Kiina

Hong Kongin yliopistossa tutkittiin julkisen asuntotuotannon rakentamisvaiheen kestoja. Rakentamisvaihe jaettiin seitsemäksi rakennusvaiheeksi. Rakennusvaiheiden ja niiden aloitusten välisten viiveiden muodostama jana-aikataulu rakennusaikataululle on esitetty kuvassa 2.8. (Chan & Kumaraswamy 1999.)



Kuva 2.8. Rakennusvaiheet ja niiden väliset viiveet sekä rakentamisvaiheen kesto (muokattu lähteestä Chan & Kumaraswamy 1999)

Tutkimuksessa selvitettiin merkittävimmät muuttujat, jotka vaikuttavat rakentamisvaiheen kestoon. Merkittävimmät muuttujat Hong Kongin korkeiden asuinkerrostalojen rakentamisessa ovat:

1. Kerroksien lukumäärä rakennuksessa
2. Bruttoala
3. Bruttoalan ja pohjakerroksen kerrostasoalan suhde
4. Ulkoverhouksen ja Bruttoalan suhde
5. Perustustapa
6. Informaationkulku arkkitehdin/suunnittelijoiden ja urakoitsijan välillä
7. Perustusolosuhteet
8. Työn tuottavuus

Regressioanalyysin avulla laadittiin 15 toteutuneen rakennushankkeen perusteella laskentamalli eri kestojen laskennalle. Laskentamallin ja -kaavojen muuttujat on esitetty taulukossa 2.7 (Chan & Kumaraswamy 1999.)

Taulukko 2.7. Laskentamallin ja -kaavojen muuttujat (muokattu lähteestä Chan & Kumaraswamy 1999)

Lyhenne	Muuttuja
AREACLAD	Ulkoverhouksen määrä (m ²)
HEIGHT	Rakennuksen korkeus (m)
NOSTOREY	Rakennuksen kerrosmäärä (kpl)
GFA	Rakennuksen bruttoala (m ²)
VOLEXCAV	Maankaivun määrä (m ³)
GFA/AREAGRD	Rakennuksen bruttoala (m ²) / pohjakerroksen ala (m ²)
CLAD/GFA	Ulkoverhouksen määrä (m ²) / rakennuksen bruttoala (m ²)
STOREYHGT	Kerroskorkeus (m)
SUPERSTR	Runkovaiheen kesto (kk)
LAG4	Viive runkotöiden ja talotekniikan töiden välillä (kk)
RATIOSUB	Paalutuksen kesto (kk) / pohjakerroksen ala (m ²)
RATIOSUP	Runkovaiheen kesto (kk) / kerrosten määrä (kpl)
RATIOSE	Talotekniikan töiden kesto (kk) / sisävaiheen kesto (kk)
SUP/SER	Runkovaiheen kesto (kk) / talotekniikan töiden kesto (kk)
SPEED4	Urakoitsijoiden päätöksenteon nopeus
TYPEFOUN	Perustuksien tyyppi
INFORM1	Tiedonkulku asiakkaan ja suunnittelijoiden välillä
INFORM2	Tiedonkulku suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä
INFCOMM2	Yhteistyö suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä
GRDCOND	Perustusolosuhteet
LABPROD	Työvoiman tuottavuus
MATERIAL	Rakennusmateriaalien saatavuus
BUILDABI	Suunnitelmien laatu
BUILCOMP	Rakennuksen kompleksisuus
EMSERVIC	Talotekniikan määrä

Tutkimuksessa laadittiin eri rakennusvaiheiden kestoille laskentakaavat. Laskentakaavoilla saadaan rakennusvaiheiden kestot kuukausina. Laskentakaavat on esitetty taulukossa 2.8.

Taulukko 2.8. Rakennusvaiheiden laskentakaavat, kestot kuukausina (muokattu lähteestä Chan & Kumaraswamy 1999)

Rakennusvaihe	Laskentakaava
Maanrakennustyöt ja paalutus	$7,1965 + 0,2769 * GFA/AREAGRD + INFORM2 + GRDCOND + TYPEFOUN1$
Perustustyöt ja maanvarainen laatta	$1,1502 + 0,0002 * GFA + TYPESCH + LABPROD1 + INFCOMM2$
Runko- ja vesikattoasennus	$10,5955 + 0,0819 * HEIGHT + MATERIAL + INFORM1 + BUILDABI$
Talotekniikan työt	$-43,5938 + BUILCOMP + SUPERSTR + LAB-PROD2 + 68,7793 * CLAD/GFA$
Sisävaiheen työt	$7,0995 + 0,0008 * AREACLAD + EMSERVIC + SPEED4 + INFORM22$

Esimerkiksi runko- ja vesikattoasennuksen kesto riippuu laskentakaavan mukaan rakennuksen korkeudesta, materiaalien saatavuudesta, tiedonkulusta arkkitehdin/suunnittelijoiden ja urakoitsijan välillä sekä suunnitelmien laadusta. (Chan & Kumaraswamy 1999.) Rakennusvaiheiden laskentakaavoihin sijoitettavat muuttujien arvot on esitetty taulukossa 2.9.

Taulukko 2.9. Rakennusvaiheiden laskentakaavojen muuttujien arvot (muokattu lähteestä Chan & Kumaraswamy 1999)

Muuttuja	Muuttujien arvot			
INFORM2	-2,3957 (nopea)	0 (tavallinen)		
GRDCOND	0 (erittäin hyvä)	1,0991 (tavallinen)	1,8957 (vaikea)	2,3868 (erittäin vaikea)
TYPEFOUN1	0 (elementti)	1,0204 (porapaalu)	1,7051 (H-paalu)	2,4764 (teräsputkipaalu)
LAB-PROD1	-0,695 (korkea)	0 (tavallinen)		
INFCOMM2	0 (hyvä)	0,4523 (tavallinen)		
MATERIAL	-0,9196 (saatavissa nopeasti)	0 (hankala saada)		
INFORM1	-1,0066 (nopea)	0 (tavallinen)		
BUILDABI	-0,7696 (erittäin hyvä)	0 (hyvä)	0,5167 (tavallinen)	
BUILCOMP	0 (helppo)	3,5954 (tavallinen)		
LAB-PROD2	-4,2923 (korkea)	0 (tavallinen)		
EMSERVIC	-0,0921 (matala)	0 (tavallinen)	2,2860 (korkea)	
SPEED4	0 (nopea)	1,3026 (tavallinen)		
INFORM22	-1,51113 (nopea)	0 (tavallinen)		

Rakennusvaiheiden välisten viiveiden ja koko rakennusajan keston laskentakaavat on esitetty taulukossa 2.10.

Taulukko 2.10. Rakennusvaiheiden välisten viiveiden ja koko rakennusajan keston laskentakaavat (muokattu lähteestä Chan & Kumaraswamy 1999)

	Laskentakaava
LAG2	$-0,2105 + 486,331 * \text{RATIOSUB} + 5,9E-05 * \text{GFA}$
LAG3	$6,1991 - 5,8850 * \text{RATIOSUP} + \text{TYPEFOUN1} + 0,0004 * \text{VOLEXCAV}$
LAG4	$-202,647 + 25,2577 * \text{SUP/SER} + \text{INFORM2} + 69,0258 * \text{STOREYHGT}$
LAG5	$2,1186 + 12,6997 * \text{RATIOSE} - 0,2595 * \text{LAG4} - 18,6965 * \text{CLAD/GFA}$
Rakennusajan kesto (CONDUR)	$\text{MAX} (\text{LAG2} + \text{LAG3} + \text{LAG4} + \text{SERVICES}; \text{LAG2} + \text{LAG3} + \text{LAG4} + \text{LAG5} + \text{FINISHES})$
Rakennusajan kesto (EST-TIME)	$9,2685 + 0,6179 * \text{NOSTOREY} + \text{TYPE-FOUN2} + \text{GRDCOND}$
Rakennusajan kesto (ACT-TIME)	$15,5903 + 1,0604 * \text{NOSTOREY} + \text{TYPEFOUN2} - 0,5488 * \text{GFA/AREAGRD}$

CONDUR laskee rakennusajan keston rakennustöiden aloituksesta kaikkien rakentumistöiden valmistumiseen. Hanke valmistuu talotekniikan- tai sisävaiheen töiden loputtua, joten kaava huomioi molemmat vaihtoehdot. CONDUR huomioi rakennusvaiheiden kes-
tot ja niiden aloitusten väliset viiveet.

EST-TIME ja ACT-TIME ovat suoraviivaisempia ennustustapoja rakennusajan keston määrittämiseen. Ne eivät huomioi eri vaiheiden ja vaiheiden aloitusten välisiä aikoja. EST-TIME huomioi rakennuksen kerrosten lukumäärän, perustustyyppin ja maaperän perustolosuhteet. ACT-TIME huomioi rakennuksen kerrosten lukumäärän, perustustyyppin sekä suhteen rakennuksen bruttoalalle ja pohjakerroksen kerrostasolalle. (Chan & Kumaraswamy 1999.)

Rakennusvaiheiden välisten viiveiden ja rakennusajan keston laskentakaavoihin sijoitettavien muuttujien arvot on esitetty taulukossa 2.11.

Taulukko 2.11. Rakennusvaiheiden välisten viiveiden ja rakennusajan laskentakaavojen muuttujien arvot (muokattu lähteestä Chan & Kumaraswamy 1999)

Muuttuja	Muuttujien arvot				
TYPEFOUN1	-2,3789 (teräspalkkipaalu)	-1,9397 (H-paalu)	-1,6526 (porapalkki)	-1,5986 (elementti)	0 (maanvarainen laatta)
INFORM2	3,0193 (nopea)	0 (tavallinen)			
TYPEFOUN2	0 (maanvarainen laatta)	2,5000 (elementti)	2,5000 (porapalkki)	3,1395 (H-paalu)	3,4888 (teräspalkkipaalu)
GRDCOND	0 (erittäin hyvä)	0,5174 (tavallinen)	1,9700 (vaikea)	1,9888 (erittäin vaikea)	

Mallia testattiin kolmelle samantyyppiselle hankkeelle vertaamalla mallin kestoja urakoitsijan suunnittelemiin rakennusajan kestoihin. Malli antoi kolmelle testauskohteelle varsin tarkkoja tuloksia. Suurimmat erot olivat toisessa projektissa, jossa viimeistelytöissä oli 17 % ero ja talotekniikan töissä oli 9 % ero urakoitsijan suunnitelmiin nähden. Parhaimmillaan mallilla ja suunnitelmilla eroa oli vain 1 %. Keskimääräinen ero mallin ja urakoitsijan suunnitelmien välillä rakennusvaiheille oli noin 5 %. CONDUR-laskentakaavan rakentamisen kokonaiskestot erosivat suunnitelluista 6 %, -2 % ja -1 %. EST-TIME -laskentakaavalla eroavaisuudet olivat -0.3 %, -2 % ja -11 %. (Chan & Kumaraswamy 1999.)

Myöhemmin Hong Kongissa tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin 56 asuinrakennuksen keston vaikuttavia tekijöitä. Regressioanalyysillä määritettiin laskentakaava rakennusajan kestolle kuukausina:

$$\log_e ACT - TIME = 3.0264 + 0.1236 * \log_e(Cost) + Type\ of\ housing\ scheme + Precast\ facade + 1.3 * 10^{-6} * Volume - 0.0003 * GFA/Storeys$$

jossa Cost on rakentamisen kustannukset (HK\$M), Type of housing scheme on -0.0544 omistusasunnoille ja 0 vuokra-asunnoille, Precast facade on 0 (julkisivuelementit) tai 0.0666 (ilman julkisivuelementtejä), Volume on rakennuksen kokonaistilavuus m^3 , GFA on rakennuksen bruttoala ja Storeys on kerroksien lukumäärä. (Chen & Chen 2004.)

3. AJOITUSMALLIN PERUSTEET

Luvussa tutustutaan vanhan ajoitusmallin teoriaan sekä uusiin kokonaistyömenekkien ja pääryhmätasoisien kokonaistyömenekkien lähteisiin. Lisäksi luvussa selvitetään millainen on käytettävyydeltään hyvä malli. Näitä tietoja hyödynnettiin ajoitusmalli 3.0:n laadinnassa.

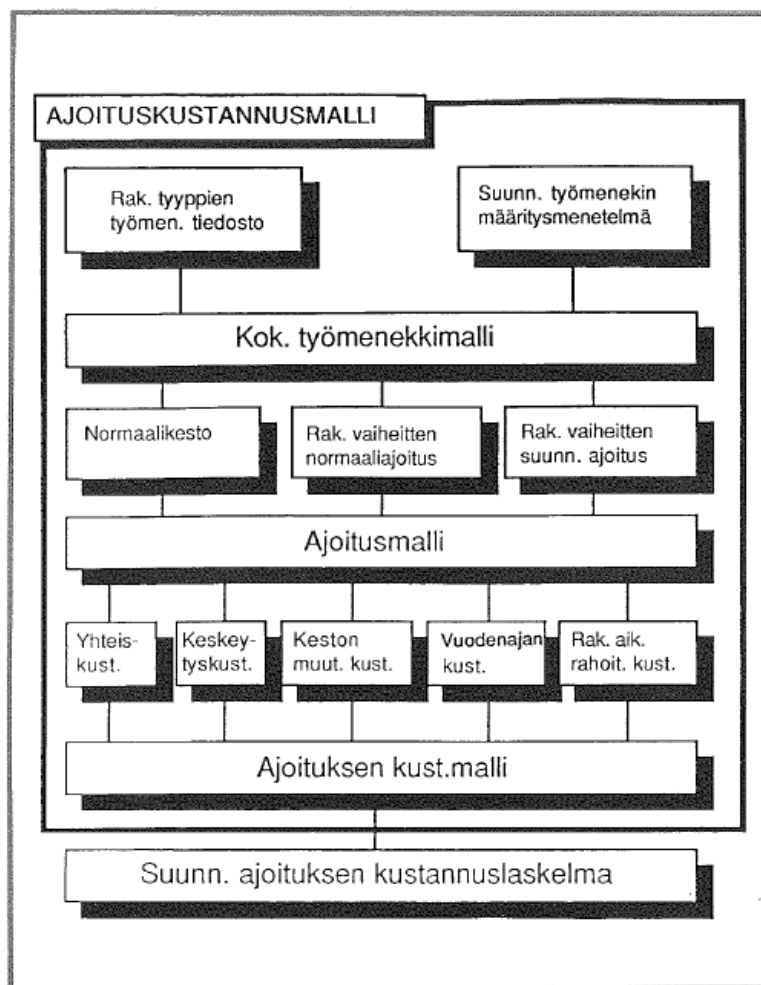
3.1 Talonrakennuksen ajoituskustannusmalli

Työ- ja elinkeinoministeriössä laadittiin vuonna 1985 esiselvitys valtion työohjelmiin sisältyvien erityyppisten rakennushankkeiden ajoitusmalleista. Kesäkuussa 1986 työvoiministeriö asetti valtion rakennushankkeiden ja ajoitusmallien kehittämistä varten johdoryhmän ja sen avuksi talonrakennuksen että maa- ja vesirakennuksen työryhmät. Ajoitusmallitutkimus suoritettiin Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratoriossa. Maa- ja vesirakennuksen ajoitusmallitutkimuksesta on laadittu oma tutkimusraportti.

Tutkimuksen tavoitteena oli tuottaa tietoa ajoituksen vaikutuksista kustannuksiin ja resurssien käyttöön sekä laatia malli, jonka avulla ajoituskustannukset voidaan selvittää erilaisille hankkeille.

Tutkimuksessa selvitettiin erilaisten hankkeiden kokonaistyömenekit, normaalikestot ja niiden muodostuminen, keston muutosten kustannusvaikutukset, vuodenajan vaikutukset sekä keskeytysten kustannukset. Tulosten perusteella laadittiin taulukkolaskentaohjelmistolla ajoituskustannusmalli. Tutkimusmenetelmä oli laskennallis-empiirinen. Eri tekijöiden aiheuttamat eroavaisuudet ja vaikutukset määritettiin laskennallisesti ja tulos testattiin todellisiin kohteisiin. Tutkimus- ja testiaineistona käytettiin rakennusurakoitsijoilta ja valtion sekä kuntien työvirastoilta saatua empiiristä aineistoa.

Ajoituskustannusmallilla saadaan selville erilaisten ajoitusvaihtoehtojen kustannukset ja työvoimatarpeet. Mallia voidaan käyttää ajoitusvaihtoehtojen kustannuksien simulointiin. Malli sisältää kolme osamallia: kokonaistyömenekkimallin, ajoitusmallin ja ajoituksen kustannusmallin. Kaikkia osamalleja voidaan käyttää vähäisin lähtötiedoin. Lähtötiedoiksi riittävät rakennustyyppi ja laajuustiedot. Lähtötietoja tarkentamalla saadaan tarkempia tuloksia. (Poikonen & Kiiras 1989.) Ajoituskustannusmallin rakenne on esitetty kuvassa 3.1.



Kuva 3.1. Ajoituskustannusmallin rakenne (Poikonen & Kiiras 1989)

Kokonaistyömenekkimalli sisältää rakennustyyppien työmenekkitiedoston ja yleisen menetelmän. Yleisellä menetelmällä eli niin sanotulla työ kustannusosuuslaskelmalla voidaan määrittää rakennussuunnitelman kokonaistyömenekki. Työkustannuslaskelma voidaan tehdä rakennusosa-arvion perusteella. Kokonaistyömenekkiä tarvitaan työvoimatarpeen määrittämisessä, ajoitusmallissa, vuodenajan ja keskeytysten kustannusvaikutusten määrittämisessä.

Ajoitusmallilla määritetään hankkeen normaalikesto kokonaistyömenekin mukaisesti ja ajoitetaan rakennusvaiheet. Ajoitusmallissa voidaan poiketa normaalikestosta ja laatia suunnitelman mukainen ajoitus. Ajoitusmallin tuloksena saadaan tuotanto-ohjelmatasoinen aikataulu ja työvoimatarve kuukausitarkkuudella. Normaalikesto perustuu kokonaistyömenekkiin. Rakennusvaiheiden kestot määräytyvät vaiheiden kokonaistyömenekkien perusteella. Vaiheiden keskinäiset limitykset perustuvat lohkoteoriaan, jonka mukaan lohkot rakennetaan peräkkäin valmiiksi kuin itsenäiset rakennuskohteet.

Ajoitusmallista laadittiin ATK-ohjelma taulukkolaskentaohjelmistolla. Mallilla voidaan simuloida erilaisten ajoitusvaihtoehtojen kustannuksia. Ajoitusmalli on tehty varsinaisesti valtion talonrakennushankkeita varten, mutta se sopii myös kuntien ja kaupunkien vastaavien hankkeiden ajoittamiseen. (Poikonen & Kiiras 1989.)

3.1.1 Kokonaistyömenekkimalli

Erilaisten suunnitelmien ajoitusominaisuuksia on tutkimuksessa ja mallissa kuvattu yhteisellä suureella, tuotannollisella laajuudella eli kokonaistyömenekillä. Kokonaistyömenekin avulla tulos on saatu rakennustyyppistä riippumattomaksi ja suunnitteluratkaisun suhteen laajasti edustavaksi.

Hankkeen resurssien käyttöä kuvataan ajoituskustannusmallissa kokonaistyömenekkimallilla. Kokonaistyömenekkimalli sisältää kahdentoista Talonrakennuksen kustannustieto 1988 –kirjan rakennustyyppin rakentamisvaiheiden työmenekit ja yleisen menetelmän hankkeen kokonaistyömenekin laskemiseksi eli työkustannusosuuslaskelman.

Hankkeen kokonaistyömenekki sisältää työmaalla tapahtuvan pääurakoitsijan, rakennusteknisten alihankintojen ja talotekniikan töiden työmenekin. Kokonaistyömenekki ei sisällä työnjohdon työmenekkiä eikä esivalmistuksen työmenekkiä. Kokonaistyömenekki kuvaa hankkeen kokonaistyömäärää ja tuotannollista laajuutta. Se sisältää fyysisen laajuuden, tuotantotekniikan ja suunnitelmien vaikutukset.

Hankkeen kokonaistyömenekkiä tarvitaan normaalikeston määrittämisessä. Pääryhmätaisoisia työmenekkitietoja tarvitaan rakennusvaiheiden normaalikestojen ja työvoimavahvuuksien määrittämiseen. Työmenekkejä tarvitaan lisäksi keston muutosten kustannustarkasteluissa ja rakennusvaihekohtaisia työvoimavahvuuksia keskeytyskustannusten ja vuodenaikakustannusten laskennassa. (Poikonen & Kiiras 1989.)

Kokonaistyömenekin suuruuteen vaikuttavat rakennussuunnitelmat, olosuhteet, työn toteutus, ajoitus ja harjaantuminen. Suunnitteluratkaisu määrittelee rakennusosien määrät, laadut, yksityiskohdat ja tuotantotekniikan. Eri suunnitteluratkaisuissa rakennusosien määrät, laadut ja yksityiskohdat voivat poiketa toisistaan huomattavasti. Tämä aiheuttaa eroja eri suunnitteluratkaisujen kokonaiskustannuksissa ja kokonaistyömenekeissä, vaikka kukin vaihtoehto toteuttaa saman hankeohjelmavaatimuksen. Rakennusosan määrän kasvaessa suoritus nopeutuu eli tapahtuu harjaantumista. Rakennusosan suoritteiden yksikkötyömenekki pienenee jonkin verran ja aiheuttaa samalla hankkeen kokonaistyömenekin pienentymistä. Useat vaikeasti toteutettavat yksityiskohdat eri rakennusosissa kasvattavat kokonaistyömenekkiä. (Kerkkänen et. al 1989.)

Rakennuksille on laskettu työmenekkitiedot, jotka esitetään pääryhmittäin. Maanrakennuksen pääryhmä on jaettu vielä kahtia tuotanto-ohjelmatasoisen rakennusvaiheikatau-

lun asettamien vaatimusten mukaisesti. Rakennustyyppitiedostossa on mahdollisuus lisätä useita rakennustyyppisiä vastaavan sisältöisinä. Rakennustyyppien työmenekit on määritetty laskennallisesti rakennusosa-arvion työmenekkitiedoston avulla. Rakennustyyppitiedostot edustavat tyyppillistä tuotantotekniikkaa ja normaalihintatasoa. Rakennustyyppien työmenekit on laskettu käyttäen tuotantotekniikkana osaelementtitekniikkaa. (Poikonen & Kiiras 1989.) Taulukossa 3.1 on esitetty ajoituskustannusmallin rakennustyyppien vertailutasojen pääryhmätasoiset työmenekit ja kokonaistyömenekit.

Taulukko 3.1. Rakennustyyppien vertailutasojen pääryhmätasoiset työmenekit ja kokonaistyömenekit [h/brm²] (Poikonen & Kiiras 1989)

TYÖMENEKIT YHTEENSA	Rakennustyyppien vertailutasojen työmenekkitiedot (h/brm ²)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	perus koulu	toimis- to rak.	liike- rak.	amm. oppil.	päivä- koti	terv. kesk.	urh. laitos	kev.te. tuot. r.	kir- jasto	askrs talo	pien krstalo	rivi- talo
1 Rak.maarak	1,02	0,47	0,49	0,43	0,63	0,62	0,61	0,73	0,99	0,36	0,36	0,95
1 Alueen maarak	1,11	0,77	0,31	0,90	2,56	0,94	1,14	0,74	0,90	0,38	0,80	1,17
2 Perustukset	1,20	0,65	0,76	0,92	1,72	1,12	0,92	1,00	0,80	0,61	0,94	0,97
3 Runkorakenteet	1,18	2,64	2,21	2,90	4,86	1,71	1,77	1,48	1,58	1,43	2,29	2,54
4 Täydent. rakenteet	1,25	1,20	1,17	1,27	1,34	1,01	1,21	1,04	1,24	0,75	0,80	0,74
5 Pintarakenteet	1,25	1,35	1,51	1,61	1,89	1,60	1,69	0,47	1,65	1,30	1,56	1,36
6 Kalust,varust,laitt	0,24	0,18	0,10	0,32	0,38	0,30	0,20	0,10	0,24	0,21	0,25	0,23
7 Konetekn(ei LVIS)	0,25	0,41	0,40	0,28	0,25	0,50	0,30	0,30	0,20	0,10	0,10	0,10
Rak.tekn.4-7 yhteensä	2,99	3,14	3,18	3,48	3,86	3,41	3,40	1,91	3,33	2,36	2,71	2,43
Rak.tekn.1-7 yhteensä	7,50	7,67	6,95	8,63	13,63	7,80	7,84	5,86	7,60	5,14	7,10	8,06
7 LVV-työt	0,87	0,68	0,68	1,00	1,69	0,95	0,84	0,78	0,68	0,61	0,61	0,61
7 IV-työt	0,53	0,71	0,71	0,55	0,77	0,76	0,23	0,56	0,71	0,10	0,10	0,10
7 Sähkötyöt	0,80	0,90	0,90	0,90	0,90	1,10	0,90	0,80	0,90	0,35	0,35	0,40
Kokonaism 1-7 yht	9,70	9,96	9,24	11,08	16,99	10,61	9,81	8,00	9,89	6,20	8,16	9,17
8,9 Käyttö- ja yhteiskust.	2,27	2,62	2,53	2,93	4,14	2,72	2,42	1,96	2,40	1,64	2,10	2,12
Kokonaism 1-9 yht	11,97	12,58	11,77	14,01	21,13	13,33	12,23	9,96	12,29	7,84	10,26	11,29

Ajoitusmalli huomioi myös tuotantotekniikan vaikutuksen työmenekkeihin. Tuotantotekniikan vaikutus runkorakenteiden sekä käyttö- ja yhteiskustannusten työmenekkeihin on esitetty taulukossa 3.2.

Taulukko 3.2. Tuotantotekniikan muutosten vaikutus runkorakenteiden sekä käyttö- ja yhteiskustannusten työmenekkeihin. (Poikonen & Kiiras 1989)

Pääryhmä		Työmenekkimuutos (h/brm ²)			
		PR	OE	TE	
3 runkorak.	omat	1,62	0	-0,38	TE = täysielementtitekniikka OE = osaelementtitekniikka PR = paikallarakennustekniikka
	alih.	0,28	0	-0,07	
	yht.	1,90	0	-0,45	
8,9 käyttö- ja yhteiskust.	omat	0,50	0	-0,13	
	alih.	0,10	0	-0,02	
	yht.	0,60	0	-0,15	
yhteensä		2,50	0	-0,60	

3.1.2 Vertailutason rakennustyyppit

Ajoituskustannusmallin rakennustyyppien vertailutasojen pääryhmätasoiset työmenekit ja kokonaistyömenekit perustuvat Talonrakennuksen kustannustieto 1988 –kirjan rakennustyyppisiin ja rakennusosa-arvioihin, joille on laskettu työmenekkitiedot. Rakennustyyppit edustavat sen aikaista tyyppillistä tuotantotekniikkaa ja normaalihintatasoa. Rakennustyyppien työmenekit on laskettu käyttäen tuotantotekniikkana osaelementtitekniikkaa. (Poikonen & Kiiras 1989).

Vertailutason toimistorakennuksessa on kaksi kerrosta ja vajaa kellarikerros. Bruttoala on 4980 brm². Kantavat väliseinät ovat muurattuja. Ulkoseinät ovat tiililaattapintaisia elementtejä ja välipohjat ovat ontelolaattoja. Yläpohja on kevytsorarakenne.

Vertailutason urakkamuotoinen asuinkerrostalo käsittää kolmikerroksisen kerrostalon, jossa yläkerrokset ovat vajaita. Kohteessa on 43 asuntoa, joiden pinta-alat ovat 32–90 m². Asunnoissa on 1-4 huonetta ja keittiö. Kerrostalon bruttoala on 3670 brm² ja huoneistoala 2970 htm². Asunnoissa ei ole saunoja ja rapuissa ei ole hissejä. Runko on toteutettu osaelementtitekniikalla. Väliseinät ovat kantavia ja paikalla valettuja. Yläpohja on kevytsorarakenne. Ulkoseinät ja välipohjat ovat elementtejä. Julkisivut ovat tiililaattaa.

Vertailutason urakkamuotoinen pienkerrostalo käsittää kaksikerroksisen ja kaksilamellisen pienkerrostalon. Kohteessa on 12 asuntoa, joiden pinta-alat ovat 41–73 m². Asunnoissa on 1-3 huonetta ja keittiö. Pienkerrostalon bruttoala on 950 brm² ja huoneistoala 762 htm². Erillinen irtaimistovarasto on mukaan laskettuna bruttoalassa. Asunnoissa ei ole saunoja ja talossa ei ole hissejä. Yläpohja on puurakenteinen. Talon ulkoseinät ovat puurakenteisia ja ei-kantavia. Julkisivu on tiiliverhottu. Väliseinät ovat kantavia ja välipohjat ovat ontelolaattaa.

Vertailutason urakkamuotoinen asuinrivitalo käsittää kolme 4-5 asunnon yksikerroksista rivitaloa. Kohteessa on 13 asuntoa, joiden pinta-alat ovat 38–88 m². Asunnoissa on 1-4 huonetta ja keittiö. Rivitalojen bruttoala on 970 brm² ja huoneistoala 850 htm². Asuntojen yhteydessä on kylmät asuntokohtaiset pihavarastot. Kantava puurakenne. Julkisivu on tiiliverhottu. (Hahtela & Kiiras 1987.)

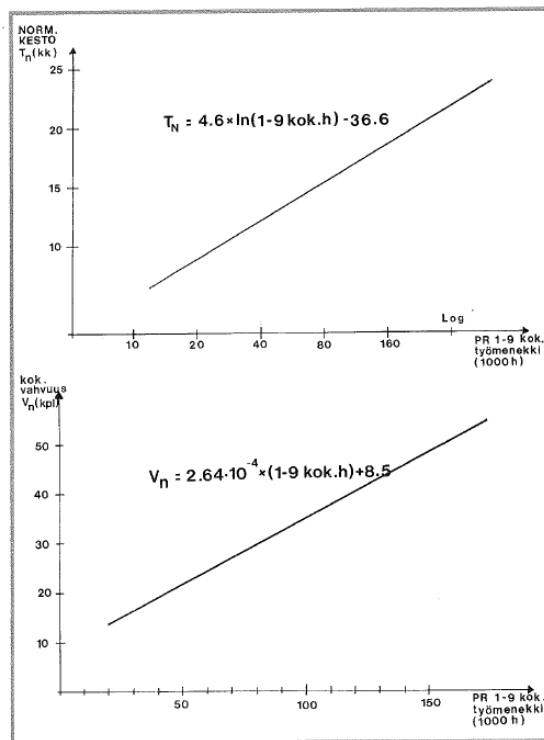
3.1.3 Ajoitusmalli

Ajoitusmalli sisältää hankkeiden normaalikeston mallin, rakennusvaiheiden normaaliajoituksen mallin ja suunnitellun ajoituksen mallin. Tuloksena ajoitusmallista saadaan tuotanto-ohjelmatasoinen aikataulu rakennusvaiheittain kuukausitarkkuudella ja resursien kuukausittainen jakauma.

Normaalikeston malli sisältää hankkeen normaalikeston määrittelyn. Normaalikesto riippuu vain hankkeen kokonaistyömenekistä eli tuotannollisesta laajuudesta. Riippuvuus on puolilogaritminen.

Vaiheiden normaalikeston ja ajoituksen malli sisältää rakennusvaiheiden normaalikeston määrittelyn ja rakennusvaiheiden normaalin ajoituksen toisiinsa nähden eli limitykset. Normaaliajoituksen mallissa hankkeen eri rakennusvaiheet limittyvät keskenään. Limitykset kasvavat hankkeen tuotannollisen laajuuden kasvaessa. Isot hankkeet jaetaan useaan lohkoon, jotka tehdään kerralla rungon osalta valmiiksi. Näin sisävalmistustyöt voidaan aloittaa aiemmin ja niihin on käytettävissä enemmän aikaa.

Hankkeen normaalikestolla tarkoitetaan tyypillistä rakennusaikaa, josta on vähennetty kesälomakuukaudet ja ennalta määrätyt keskeytyskuukaudet. Hankkeen normaalikesto on määritetty empiirisesti rakennusaikaan keskeisesti vaikuttavan tekijän eli tuotannollisen laajuuden perusteella. Kuvassa 3.2 on esitetty normaalikesto ja hankkeen keskimääräinen vahvuus työmenekin funktiona. Kokonaistyömenekki on Talo-80-pääryhmien 1-9 yhteen laskettu kokonaistyömenekki. (Poikonen & Kiiras 1989.)



Kuva 3.2. Normaalikeston määrittely ja hankkeen keskimääräinen vahvuus työmenekin funktiona (Poikonen & Kiiras 1989)

Normaalikeston työmenekki riippuvuus on puolilogaritminen. Kokonaistyömenekin kaksinkertaistuminen lisää hankkeen normaalikestoa vakioajalla. Hankkeen keskivahvuus kasvaa lähes lineaarisesti kokonaistyömenekin kasvaessa. Hankkeen normaalikesto voi-

daan määrittää Talo 80-rakentamismallin pääryhmien 1-7 tai pääryhmien 1-9 kokonaistyömenekin perusteella, koska pääryhmien 8 ja 9 työmenekin suuruus riippuu ensisijaisesti pääryhmien 1-7 työmenekistä.

Hankkeen normaalikesto määritetään mallissa hankkeen pääryhmien 1-9 kokonaistyömenekin perusteella kaavana:

$$\text{Normaalikesto } T_N(kk) = 4.6 * \ln(1 - 9 \text{ kok. } h) - 36.6$$

Kaava toimii hankkeille, joiden kokonaistyömenekki on yli 10000tth. Pienemmät hankkeiden ajoitus katsotaan ketjutetuksi, joille normaalikesto muuttuu lineaariseksi ja on mallissa määritetty kaavana:

$$\text{Normaalikesto } T_N(kk) = 2 + 3.8 * (1 - 9 \text{ kok. } h)/10000$$

Rakennusaikataulun kireys tutkitaan vertaamalla hankkeen toteuttamiseen varattua aikaa normaalikeston. Jos rakennus tehdään yhtenä lohkona, niin hankkeen aikataulu on kireä, kun kesälomat huomioiden urakka-aika on yli 20 % normaalikestoa lyhyempi.

Hankkeen normaalikesto testattiin empiirisesti suunnitelmiltaan, rakennustyypeiltään, rakennustyypeiltään ja työmenekiltään erilaisilla noin 150 hankkeen aineistolla. Kokonaistyömenekki kuvasi rakennusaikaa hyvin, keskihajonta oli vain noin 1kk. Testihankkeet olivat kokonaistyömenekiltään 10 000 tuntia suurempia. Alle 10000 tunnin hankkeita ei ollut riittävästi empiiriselle testaukselle. (Poikonen & Kiiras 1989.)

Työmenekkeinä normaalikeston määrittämisessä käytetään suunnitelmaa vastaavia työmenekkejä tai niiden puuttuessa rakennustyyppin vertailutason tuotantotekniikkakorjattuja työmenekkejä.

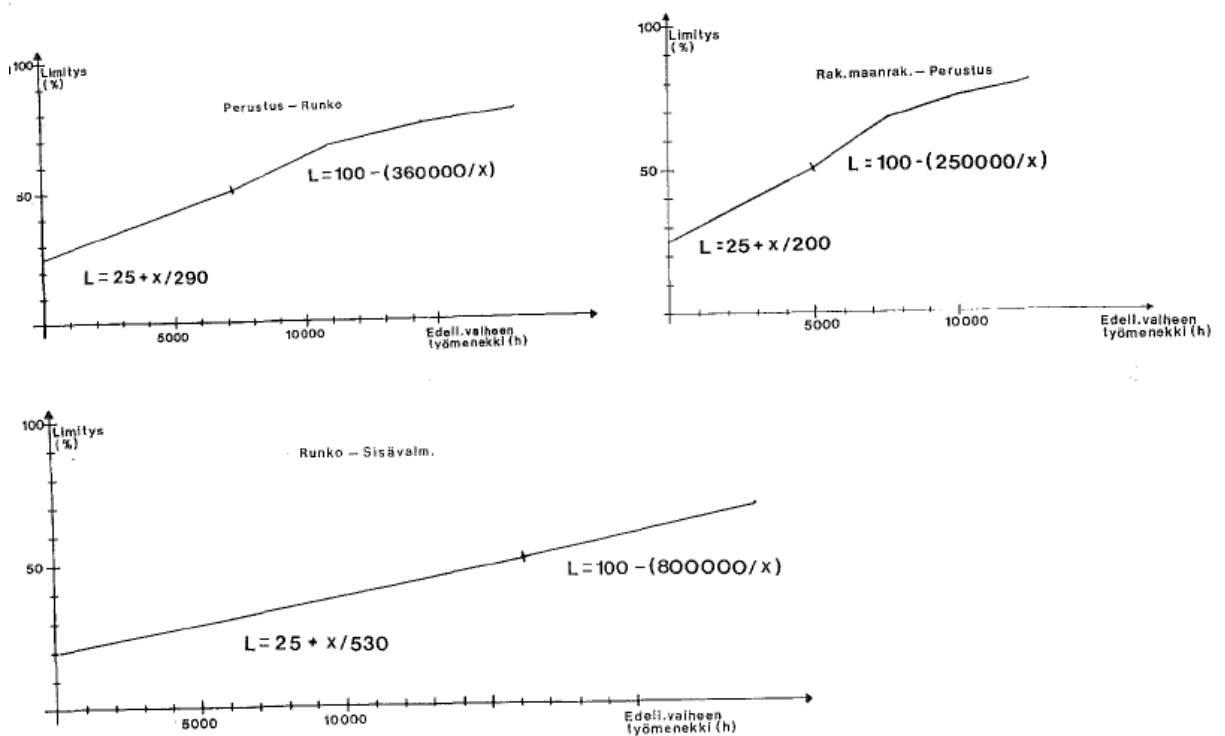
Rakennusvaiheiden normaalikestot määritetään samalla tavalla kuten hankkeen normaalikesto. Työmenekkeinä käytetään kyseisen rakennusvaiheen työmenekkejä. Rakennusvaiheiden normaaliajoitusta tarvitaan keskeytys- ja vuodenaikakustannusten määrittämiseen. Rakennusvaihejako kuvaa myös selkeästi aikataulua ja resurssien käyttöä.

Rakennusvaiheiden normaaliajoitus määräytyy vaiheen tuotannollisen laajuuden eli työmenekin perusteella. Vaiheen kesto kasvaa vaiheen tuotannollisen laajuuden kasvaessa ja vaiheiden välinen limitys kasvaa edellisen vaiheen keston kasvaessa. Mallissa käytettiin viittä rakennusvaihetta: alueen maanrakennusvaihe (muista riippumaton), rakennuksen maanrakennusvaihe, perustusvaihe, runkovaihe ja sisävalmistusvaihe. (Poikonen & Kiiras 1989.) Rakennusvaiheiden normaalikestojen laskentakaavat on esitetty taulukossa 3.3.

Taulukko 3.3 Rakennusvaiheiden normaalikestojen laskentakaavat, x on kuvaa kunkin vaiheen kokonaistyömenekkiä (muokattu lähteestä Keisu et al. 1993)

Rakennusvaihe	Normaalikeston laskentakaava
Maanrakennus	$0,87 * \ln (x) - 4,37$
Perustus	$0,87 * \ln (x) - 4,37$
Runko	$2,04 * \ln (x) - 13,23$
Sisävalmistus	Hankkeen normaalikesto (kk) - runkovaiheen lopetus kk. (projektikuukausi) + sisävalmistusvaiheen limitys runkovaiheeseen nähden (kk)

Sisävalmistusvaiheen normaalikesto määräytyy hankkeen normaalikeston, runko- ja runkovaiheen lopetuskuukauden sekä runko- ja sisävalmistusvaiheen välisen limityksen mukaan. (Keisu et al. 1993.) Kuvassa 3.3 kuvataan eri rakennusvaiheiden limittyminen toisiinsa nähden ajoitusmallin mukaan.



Kuva 3.3. Rakennusvaiheiden limittyminen toisiinsa nähden ajoitusmallin mukaan, kaavoissa x tarkoittaa edellisen vaiheen työmenekkiä tunteina (Poikonen & Kiiras 1989)

Rakennusvaiheet limittyvät edelliseen vaiheeseen. Limittymisen suuruus riippuu edellisen rakennusvaiheen työmenekin kautta edellisen vaiheen kestosta. Limitysten suuruus perustuu lohkokotekniikkaan, jossa limitys kasvaa lohkojen määrän kasvaessa. Lohkokotekniikan mukaan jokainen lohko toteutetaan kuten itsenäinen rakennushanke. Lohkojen koko kasvaa työmenekin kasvaessa. Mallissa vaiheille on sallittu enintään 80 % limitys, mikä vastaa käytännössä suurta viiden lohkon tapausta. Rakennusvaiheiden peruslimityksenä on käytetty 20–25 % edeltävästä vaiheesta. Työmenekin kasvaessa limityksen arvo

kasvaa perusarvosta. Syynä peruslimitykseen eri vaiheiden välillä on työjärjestys ja vaiheiden sisältö.

Malliin on sisällytetty myös mahdollisuus määrittää itse suunniteltu hankkeen kesto ja suunnitellut vaiheiden kestot, niiden ajoitus ja limitykset. Näitä suunniteltuja ajoituksia vastaavat eri rakennusvaiheiden työvoimavahvuudet lasketaan mallissa suunnitelman työmenekkitiedoilla. Yksinkertaisinta on antaa suunniteltu hankkeen kesto mallille, jolloin malli laskee kyseistä suunniteltua kestoja vastaavien työmenekkien avulla uudet vaiheiden kestot ja limitykset. (Poikonen & Kiiras 1989.)

3.1.4 Ajoituskustannusmallin ATK-ohjelma

Ajoituskustannusmallilla määritetään tai simuloidaan valittujen eri ajoitusta koskevien lähtöarvo-oletuksien vaikutuksia hankkeen kustannuksiin. Eri oletusten vaikutukset ilmaistaan suhteessa hankkeen kustannusarvioon. Simulointi suoritetaan tutkimuksessa laaditulla taulukkolaskentaohjelmistolla. Mallilla voidaan selvittää:

- rakennussuunnitelman ja tuotantotekniikan vaikutus työnkäyttöön ja ajoitukseen
- valitun keston vaikutus kustannuksiin ja työnkäyttöön
- erilaisten aloitusajankohtien vaikutus kustannuksiin ja työnkäyttöön
- mahdollisten keskeytysten vaikutus kustannuksiin.

Välttämättömien lähtötietojen määrä mallissa on pieni, mutta lähtötietoja lisäämällä voidaan paremmin kuvata rakennussuunnitelma ja suunniteltu ajoitus. Täten malli sopii hankkeen eri vaiheisiin ja erilaisiin ajoitustehtäviin. Mallissa voidaan käyttää rakennustyyppikohtaista tiedostoa tai sitä voidaan täsmentää todellisen suunnitelman mukaisilla tiedoilla. Rakennustyyppitiedosto on ylläpidettävissä ja laajennettavissa käyttäjän haluamiin tyypeihin tai arvoihin. Malli käyttää hankkeelle tai vaiheille normaalikestoja ja limityksiä. Ajoitusta sekä hankkeen ja vaiheiden kestoja voidaan myös suunnitella. Malli sopii siis myös poikkeuksellisiin tapauksiin ja erilaisia ratkaisuja voidaan simuloida.

Malli perustuu kokonaistyömenekkeihin, joten se sopii laajasti erilaisiin talonrakennushankkeisiin, kun työmenekki määritetään rakennussuunnitelman mukaiseksi rakentamisvaiheittain tai kokonaisuutena. Mallin erittelytarkkuus on rakennusvaihe eli aikataulut ovat tuotanto-ohjelmatasoisia ja laskentatarkkuus on kuukausi. Näin huomioidaan työvoimatarpeen jakautuminen sekä keskeytysten ja vuodenajan lisäkustannusten vaatimukset, mutta silti havainnollisuus ja yksinkertaisuus säilyvät.

Ajoituskustannusmalli ei huomioi ulkoista resurssitarjontaa ja suhdannetilannetta. Suhdannetilanteen vaikutukset voivat korkeasuhdanteessa olla suuremmat kuin ajoituksen vaikutukset. Mallin avulla ei voida määrittää niukan työvoimatarjonnan tai hankintojen toimitusaikojen vaikutuksia hankkeen keston. Hankkeen aikataulu voidaan mallissa kuitenkin suunnitella normaalia pidemmäksi, jos halutaan pidentää hankkeen urakka-aikaa.

Ajoituskustannusmallille annetaan lähtötiedoiksi mahdollisuuksien mukaan todellista rakennussuunnitelmaa vastaavat tiedot. Niiltä osin, kun ne eivät ole tiedossa käytetään rakennustyyppien lähtötietoja. Välttämättömiä lähtötietoja ovat hankkeen laajuus (brm^2), tilavuus (rm^3), alue, rakennustyyppi, käytetty tuotantotekniikka, aloitusajankohta ja kokonaiskustannukset. Rakennustyyppiä joudutaan valitsemaan kyseistä hanketta parhaiten kuvaava, koska todellisuudessa rakennustyyppinä ja niiden yhdistelmiä on olemassa rajaton määrä. Ajoitusmallissa rakennustyyppinä käytetään Talonrakennuksen kustannustietokirjan 1988 rakennustyyppinä ja kirjassa esitettyä tuotantotekniikkajakoa, jota on mallia varten karkeutettu. (Poikonen & Kiiras 1989.) Mallissa käytetyt rakennustyypit, tuotantotekniikat ja alueet on esitetty kuvassa 3.4.

Ajoituskustannusmallin vertailutasojen rakennustyypit	Ajoituskustannusmallin tuotantotekniikkajako
1 Peruskoulurakennus	1 Täyslementtitekniikka
2 Toimistorakennus	2 Osaelementtitekniikka
3 Liikerakennus	3 Paikallarakennustekniikka
4 Ammatillinen oppilaitosrakennus	Ajoituskustannusmallin aluejako
5 Lasten päiväkotirakennus	1 Ahvenanmaan lääni
6 Terveyskeskus	2 Uudenmaan sekä Turun ja Porin lääni
7 Urheilulaitos	3 Vaasan, Keski-Suomen, Hämeen, Kymen ja Mikkelin läänit
8 Kevyen teollisuuden tuotantorakennus	4 Oulun, Kuopion ja Pohjois-Karjalan läänit
9 Kirjasto, pieni - keskiuuri	5 Lapin lääni
10 Urakamuot. asuinkerrostalo	6 Lapin lääni (arktinen alue)
11 Urakamuot. pienkerrostalo	
12 Urakamuot. asuinrivitalo	

Kuva 3.4. Mallissa käytetyt rakennustyypit, tuotantotekniikat ja alueet (Poikonen & Kiiras 1989)

Ajoituskustannusmallin syöttötiedot on esitetty kuvassa 3.5.

AJOITUSKUSTANNUSMALLIN SYÖTTÖTIEDOT

Hankkeen nimi	Vaasan virastotal
Rakennustyyppi (kuvaavin) 1-12	2
Laaajuus	5000 brn2
Tilavuus	17000 rm3
Rungon tuotantotekniikka 1-3	2
Paikkakunta (alue) 1-6	3
Aloituvuosi	1988
Aloituvuukausi	8
Aloituvhetken indeksilukema	168.7
Keskeytysvuosi	1989
Keskeytyskuukausi	6
Keskeytyksen kesto (kk)	2 kk
Laskentakorkoprosentti	10 %
Hankkeen kokonaiskust(1000 mk)	23000 mk
Ensimmäinen maksuerä (1000 mk)	1150 mk
Viimeinen maksuerä (1000 mk)	2300 mk
Saadut/saamatta jääneet tuotot	50000 mk/kk
Vuosi jolloin tuotto-odotus=0	1989
Kuukausi jona tuotto-odotus=0	11
Laskelman päivämäärä	7.6.1988

Taso 1.
Välttämättömät
lähtötiedot

Kokonaistyömenekki	suunn.	norm.	I	käytet	I
1 Rak.maarak	0.45	0.47	I	0.45	I h/brn2
1 Alueen maarak	0.79	0.77	I	0.79	I h/brn2
2 Perustukset	0.75	0.65	I	0.75	I h/brn2
3 Runkorakenteet	2.54	2.64	I	2.54	I h/brn2
4 Täydent. rakenteet	1.30	1.20	I	1.30	I h/brn2
5 Pintarakenteet	1.23	1.35	I	1.23	I h/brn2
6 Kalust,varust,lait	0.21	0.18	I	0.21	I h/brn2
7 Konetekn(ei LVIS)	0.35	0.41	I	0.35	I h/brn2
			I		I
Rak.tekn.4-7 yhteens	3.09	3.14	I	3.09	I h/brn2
Rak.tekn.1-7 yhteens	7.62	7.67	I	7.62	I h/brn2
			I		I
7 LVV-työt	0.68	0.68	I	0.68	I h/brn2
7 IV-työt	0.71	0.71	I	0.71	I h/brn2
7 Sähkötyöt	0.9	0.90	I	0.90	I h/brn2
			I		I
Kokonaistm 1-7 yht	9.91	9.96	I	9.91	I h/brn2
			I		I
8,9 Käyttö- ja yhteis	2.59	2.62	I	2.59	I h/brn2
Kokonaistm 1-9 yht	12.50	12.58	I	12.50	I h/brn2

Taso 2.
Suunnitelmaa
vastaavat
työmenekit

Vaiheiden kestot ja ajoitus projektikuukausina	suunniteltu	kestot	suunn.	muk.	norm	I	käytetty	kk	I	käytettyI
	kesto	kesto				I	kesto		I	vahvuus I
	(kk) alkk lopkk	(kk) alkk lopkk	I	(kk) alkk lopkk	I	(kk) alkk lopkk	I	I	I	I
Hankkeen kesto	17	14		17						
			I		I				I	I
rak.maarak.	3	1	2	3	1	3	1	3	1	4
al.maarak.	3	15	17	3	12	14	1	3	15	17
perustusvaihe PR 2	3	3	5	3	2	4	1	3	3	5
runkovaihe PR 3	7	5	11	6	4	9	1	7	5	11
sisävalm.vaihe PR 4-7(ei LVIS)	11	7	17	8	7	14	1	11	7	17
LVIS perustusvaihe	3	3	5	3	2	4	1	3	3	5
LVIS runko+sisävalm.vaihe	13	5	17	11	4	14	1	13	5	17

Taso 3.
Suunnitellut
ajoitustiedot

Kuva 3.5. Ajoituskustannusmallin syöttötiedot (Poikonen & Kiiras 1989)

Ajoituskustannusmallissa on seuraavanlaiset tulostusmahdollisuudet:

1. Syöttötiedot
2. Tuotanto-ohjelmatasoinen aikataulu
3. Ajoituskustannuslaskelma

Tuotanto-ohjelmatasoinen aikataulu sisältää rakennusvaiheiden ajoituksen, rakennusvaiheiden työvoimatarpeet ja hankkeen kumulatiivisen rahoitustarpeen rakennusajalle kuukausittain. Ajoituskustannuslaskelma esittää ajoituksen kustannusvaikutukset vaikuttavien tekijöiden osalta hankkeen keskimääräisiin kustannuksiin nähden. Ajoituskustannuslaskelma on eritelty aiheutumissyittäin ja siten helposti tarkistettavissa. (Poikonen & Kiiras 1989.)

3.2 Talonrakennushankkeen ajoitusmalli 2.0

Talonrakennushankkeen ajoitusmalli 2.0 perustuu teorioiltaan täysin vuosina 1986–1989 tehtyyn valtion rakennushankkeiden ajoituskustannusmallitutkimukseen. Talonrakennushankkeen ajoitusmalli 2.0, 1993 on tehty Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratoriossa. Tutkimuksen tuloksena laadittiin kaksi ATK-pohjaista ohjelmaa, Talonrakennushankkeen ajoitusmalli 2.0 ja Talonrakennuksen prosenttimalli 1.0.

Talonrakennuksen ajoitusmalli on tarkoitettu ensisijaisesti urakoitsijan tarpeisiin rakennusyrityksen tarjouslaskentavaiheen alustavassa aikataulusuunnittelussa, mutta se sopii myös rakennuttajan ja tilaajan hanke- ja rakennussuunnitteluvaiheisiin. Ajoitusmalli 2.0 antaa mahdollisuuden tutkia alustavasti lohkojakoa ja lohkojen suoritusjärjestystä tarkuudella, joka on mahdollista ennen lopullista kustannusarviota ja työsuunnittelua.

Ajoitusmalliohjelmalla saadaan tulostuksena hankkeen laajuuteen, pääryhmien työmenekkitietoihin sekä määritettyihin reunaehtoihin pohjautuen:

- rakennusvaiheiden ajoitusaikataulu
- pääryhmätasoinen paikka-aikakaavio
- tuntikertymäkuvaaja
- resurssikuvaaja pääryhmittäin
- resurssikuvaaja jaoteltuna omiin ja alihankkijan tunteihin
- jana-aikataulu pääryhmittäin
- lohkojakoon perustuva jana-aikataulu.

3.2.1 Lohkojakomalli

Jakamalla hanke osakohteisiin parannetaan kohteen suunnitelmien hallittavuutta, varmistetaan työkohteen riittävyys ja mahdollistetaan reaalisuureisiin perustuva valvonta. Oikealla lohkotuksella on merkittävä vaikutus hankkeen kokonaiskeston.

Lohkot ovat hankkeen fyysisiä osia, esimerkiksi rakennus, porras tai kerros. Lohkot jaetaan edelleen työkohteisiin eli mestoihin, joissa työskentelee kerrallaan vain yksi työryhmä. Osakohteisiin jaetaan tuotantotekniikaltaan, suunnitteluratkaisuiltaan, sijainniltaan ja kerrosluvultaan erilaiset osat. Osakohteiden jakorajoina käytetään moduulilinjoja, liikuntasauvoja ja työsauvoja.

Mallissa voidaan antaa erikseen lohkojako, lohkojen suhteellinen jako ja lohkojen suoritustajajärjestys. Lohkoja voi olla korkeintaan kahdeksan kappaletta. Kustannusarviovaiheessa voidaan tutkia lohkojen koon ja määrän muutosten vaikutuksia hankkeen kestoon Talonrakennuksen ajoitusmalli –ohjelman avulla. Lohkojaon käyttöä varten tulee ensiksi määrittää hankkeen työmenekit.

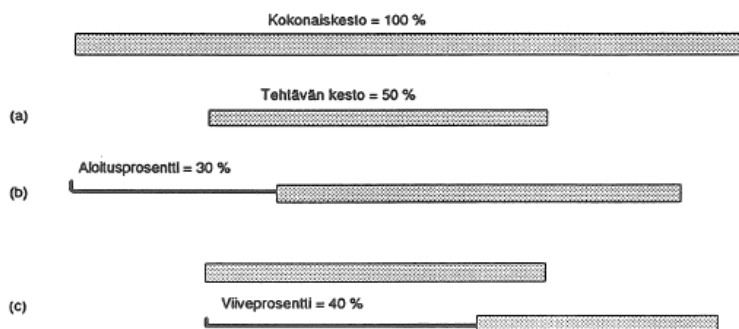
Lohkojakomallissa määritetään hankkeelle ulkoinen lohkojako, joka vaikuttaa vain rakennusvaiheiden limitykseen. Rakennusvaiheiden kestoon sillä ei ole vaikutusta. Rakennusvaiheiden kestot määräytyvät rakennusvaiheiden normaalikestojen mallien perusteella. Pääperiaate on, että yhdessä lohkoissa voidaan tehdä vain yhtä rakennusvaihetta kerrallaan ja rakennusvaiheiden limitys määräytyy kriittisimmän lohkon mukaan. Kriittisin lohko on se, jossa seuraavan rakennusvaiheen alku on lähimpänä edellisen rakennusvaiheen loppua. Sisävalmistusvaihe on ainut vaihe, joka voi alkaa ennen edellisen vaiheen valmistumista samassa lohkoissa. Runko- ja sisävalmistustöiden välillä on 25 % peruslimitys, koska täydentäviä rakenteita ei ajoiteta mallissa omana rakennusvaiheena, vaan niiden ajoittuminen huomioidaan sisävalmistustöiden limityksenä runkoon nähden. Sisävalmistustöihin lasketaan mallissa Talo-80:n pääryhmät 4, 5 ja 6: täydentävät rakenteet, pintarakenteet, kalusteet, varusteet ja laitteet sekä suurin osa pääryhmästä 7 (konetekniset työt).

Lohkojakomallin toiminnan vaiheet:

1. Lasketaan työmenekit hankkeelle ja rakennusvaiheille Talo 80:n mukaisesti
2. Lasketaan normaalikestot hankkeelle ja rakennusvaiheille
3. Laaditaan lohkojako
4. Määritetään lohkojen rakennusjärjestys laajennetun Hossin säännön mukaan
5. Määritetään rakennusvaiheiden väliset limitykset Talonrakennuksen ajoituskustannusmallin mukaisesti
6. Laaditaan paikka-aikakaavio lohkoittain. (Keisu *et al.* 1993.)

3.2.2 Prosenttimalli

Prosenttimalli on tarkoitettu alustavaan, esimerkiksi kustannusarviovaiheen aikataulu-, resurssi- ja kustannussuunnitteluun. Se soveltuu erityisesti merkityksellisten aikasidonnaisten yhteiskustannusten suunnitteluun. Prosenttimallissa lasketaan tehtävien kesto prosentteina kokonaiskestosta (a) ja tehtävän sijainti hankkeessa. Tehtävän sijainnin määrittäminen on esitetty kuvassa 3.6.



Kuva 3.6. Prosenttimallin periaate (Keisu et al. 1993)

Tehtävän sijainti määritetään laskemalla, mikä osuus koko hankkeesta on valmiina kyseistä tehtävää aloittaessa (b) tai mikä on peräkkäisten tehtävien alkamisajankohtien välisen ajan prosenttiosuus kokonaiskestosta (c).

Prosenttimallissa annetaan hankkeen kesto viikoissa, tehtäväluettelo, tehtävän suhteellinen kesto kokonaiskestosta [%], tehtävän suhteellinen alku hankkeen alusta [%], työmenekki [h] ja kustannukset [1000mk]. Prosenttimalliohjelman tulostuksena saadaan jana-aikataulu, kustannusten ja työmenekkien ajoitusaikataulu sekä kustannus- ja tuntikertymäkuvaaja. (Keisu et al. 1993.)

3.2.3 Ajoitusmalli 2.0:n tulosteet

Ajoitusmalli 2.0 tuottaa uusia tulosteita verrattuna Ajoituskustannusmallin tulosteisiin. Tulosteita on yhteensä 8 sivua ja ne ovat:

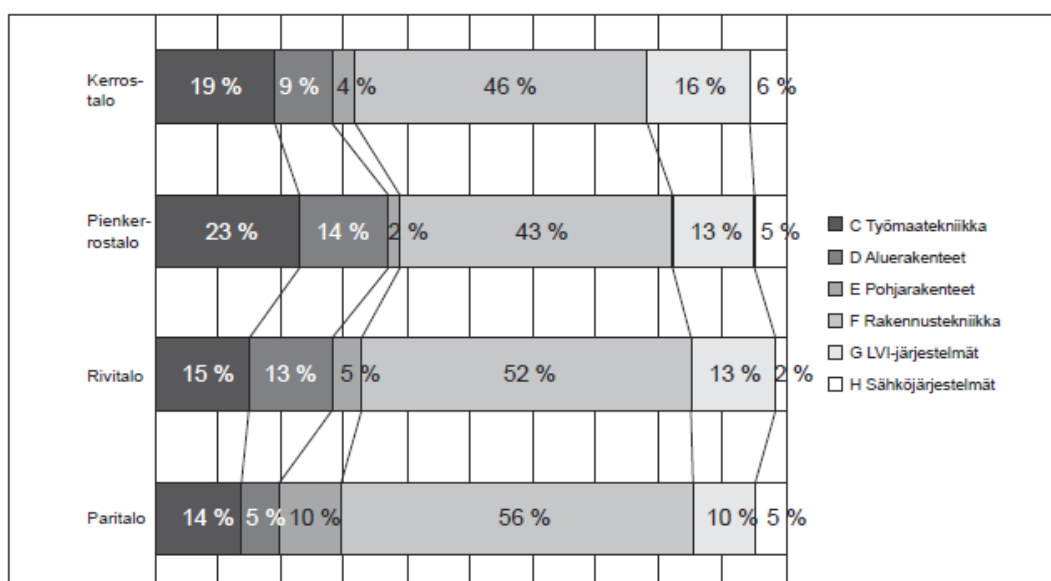
- tiedot kohteesta
- rakennusvaiheiden ajoitusaikataulu
- rakennusvaiheiden pääryhmien paikka-aikakaavio
- tuntikertymäkuvaaja
- resurssikuvaaja pääryhmittäin
- resurssikuvaaja jaoteltuna omiin ja alihankkijan tunteihin
- rakennusvaiheiden jana-aikataulu
- lohkojakoon perustuva jana-aikataulu (Keisu et al. 1993.)

3.3 Uudet kokonaistyömenekit

Asuinrakennushankkeen kokonaistyömenekki Ratu-kortissa esitetään erilaisten asuinrakennushankkeiden kokonaistyömenekit. Kokonaistyömenekit on määritetty Ratu-työmenekkien ja rakennuskohteiden määrätietojen avulla. Kortissa esitellään neljä esimerkkikohtetta, jotka edustavat yleisimpiä rakennustyyppisiä: kerrostalo, pienkerrostalo, rivitalo

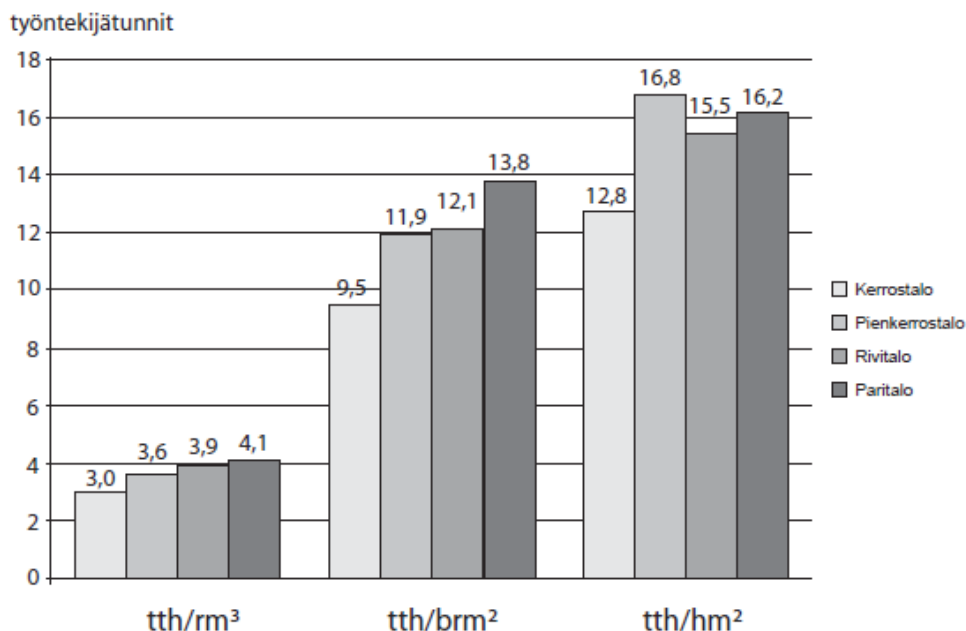
ja paritalo. Rakennustyyppit edustavat osaltaan yleistä vallitsevaa tuotantotekniikkaa ja laatutasoa.

Esimerkit on muodostettu laskemalla määräluettelon rakennusosien rakentamiseen kuuluva tehollinen aika (työvuoro eli T3-aika). T3-aika on muutettu työkokonaisuuksittain kokonaisajaksi (työnvaihe- eli T4-aika). Työmaatekniikka on arvioitu ja laskettu rakennuskuutioperusteisena. Kohteiden kokonaistuntimäärät on esitetty Talo 80- ja Talo 90-nimikkeistöjen mukaisesti. Kuvassa 3.7 on esitetty esimerkkikohteiden kokonaistyömenekin suhteellinen jakautuminen rakennus- ja laiteosakokonaisuuksille. Rakennustekniikka on tuntimääräisesti selvästi suurin asuntorakentamisen kokonaisuus kaikilla tutkituilla rakennustyypeillä. (Kivimäki & Koskenvesa 2008.)



Kuva 3.7. Esimerkkikohteiden kokonaistyömenekin jakautuminen rakennus- ja laiteosakokonaisuuksille (C-F ja G-H) (Kivimäki & Koskenvesa 2008)

Kuvassa 3.8 on esitetty esimerkkikohteille lasketut eri suoritemääräperusteiset kokonaistyömenekit.



Kuva 3.8. Esimerkkikohteiden lasketut kokonaistyömenekit rakennuskuutio-, bruttoneliö- ja huoneistoneliöperusteisina (Kivimäki & Koskenvesa 2008)

Asuinrakennukset ovat vertailtavissa ja erotettavissa toisistaan kokonaistyömenekin perusteella. Rakennuskuutioihin ja bruttoneliöihin perustuvat kokonaistyömenekit kasvavat siirryttäessä kerrostalorakentamisesta kohti pienemmän rakennuskoon hankkeita: pienkerros-, rivi- ja paritaloja. Huoneistoneliöihin perustuvat kokonaistyömenekit kasvavat samalla tavalla. Rivitalokohde on ainoa poikkeus, jonka huoneistoneliöperusteinen kokonaistyömenekki on suurempi kuin paritalolla. (Kivimäki & Koskenvesa 2008.)

3.3.1 Asuinkerrostalo

Asuinkerrostalokohde esimerkkikohde käsittää kolme yksirappuista ja viisikerroksista asuinkerrostaloa. Kohteessa on 59 asuntoa, joiden pinta-alat ovat 30–90 m². Kerrostalojen asunnoissa on 1-4 huonetta ja keittiö. Kerrostalojen yhteenlaskettu tilavuus on 14860 rm³, bruttoala 4610 brm² ja huoneistoala 3440 hm². Kohteen pihassa on pihavarastorakennus, jäte- ja autokatokset, joiden yhteispinta-ala on 380m². Tontilla oli yhteensä 2980 m³ maankaivutyötä. Anturoiden muottityötä oli 470m².

Kerrostalojen rapuissa on hissit. Yksioitä suuremmat asunnot ovat saunallisia. Parvekkeet ovat lasitetut. Rakennusrungot ovat elementtirakenteisia: kuorielementit, ontelolaatat ja porras-, hissikuilu- ja talotekniikkaelementit. Yhden talon pohjakerroksessa on väestönsuoja, joka on tehty paikallavalaen. Asuinrakennusten vesikatteet ovat pintabetonoinnilla kallistettuja ja vedeneristeellä tiivistettyjä tasakattoja. Julkisivut on toteutettu kolmikerrosrappauksena mineraalivillaeristeen päälle. Asuntojen lattiat ovat enimmäkseen parkettia ja porrashuoneiden lattiat muovimattoa muovijalkalistoin. WC- ja kylpyhuonetilat

sekä keittiökalusteiden välitilat on laatoitettu ja niiden alakatot ovat puupaneeliset. Sisäkatot ovat ruiskutasoitepintaiset, paitsi keittiöissä, joissa katto on tasoitettu ja maalattu. Huoneiden sisäpinnat on maalattu. (Kivimäki & Koskenvesa 2008.) Taulukossa 3.4. on esitetty asuinkerrostalokohteen tuntimäärien jakautuminen Talo 80-rakennusosanimikkeistön mukaan.

Taulukko 3.4. Esimerkkikohteen asuinkerrostalon työmenekkien jakautuminen Talo 80 mukaisille rakennusosakokonaisuuksille (Kivimäki & Koskenvesa 2008)

Rakennusosakokonaisuudet, Talo 80		Kokonaistyömenekki T4	Kokonaistyömenekki T4	Kokonaistyömenekki T4	Osuus kokonais- tuntimäärästä
1	Maa- ja pohjarakennus	3960 tth	0,9 tth/brm ²	0,3 tth/rm ³	9 %
2	Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet	3400 tth	0,7 tth/brm ²	0,2 tth/rm ³	8 %
3	Runko- ja vesikattorakenteet	4150 tth	0,9 tth/brm ²	0,3 tth/rm ³	9 %
4	Täydentävät rakenteet	4450 tth	1,0 tth/brm ²	0,3 tth/rm ³	10 %
5	Pintarakenteet	8610 tth	1,9 tth/brm ²	0,6 tth/rm ³	20 %
6	Kalusteet, varusteet, laitteet	1180 tth	0,3 tth/brm ²	0,1 tth/rm ³	3 %
7	Konetekniset työt	9740 tth	2,1 tth/brm ²	0,7 tth/rm ³	22 %
8, 9	Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset	8380 tth	1,8 tth/brm ²	0,6 tth/rm ³	19 %
	Yhteensä	43870 tth	9,5 tth/brm²	3,0 tth/rm³	100 %

Euroopan suurin puukerrostalo valmistui Vantaan Kivistöön 2015. Airakselan (2015) mukaan puukerrostalon rakentaminen on 30 prosenttia nopeampaa kuin betonitalon. Halvempaa puukerrostalon rakentaminen ei ole. Lisäkustannuksia puukerrostalolle aiheutuu eri materiaaleista, ääneneristyksestä, suunnittelusta ja vain puurakennuksille pakollisista sprinklauksesta ja sääsuojusta. (Mölsä & Airaksela 2015.)

3.3.2 Pienkerrostalo

Pienkerrostalokohde käsittää kaksi yksirappuista ja kolmikerroksista pienkerrostaloa. Kohteessa on 22 asuntoa, joiden pinta-alat ovat 40–90 m². Pienkerrostalojen asunnoissa on 2-4 huonetta, keittiö ja sauna. Pienkerrostalojen yhteenlaskettu tilavuus on 6012 rm³, bruttoala 1830 brm² ja huoneistoala 1300 hm². Asuntokohtaiset varastot sekä jäte- ja autokatos ovat pihavarastorakennuksessa, jonka pinta-ala on 200m². Tontin maankaivutyötä oli yhteensä 2580m³. Anturoiden muottityötä oli 170m².

Kohteen rapuissa on hissit. Rakennus on suunniteltu tiloiltaan ja kalusteiltaan senioriasukkaille. Parvekkeet ovat lasitetut. Rakennusrunko on elementtirakenteinen: sokkelipalkkielementit, kuorielementit, ontelolaatat ja porras-, hissikuilu- ja talotekniikkaelementit. Kohteen väestönsuoja on tehty paikallavalaen. Rakennusten harjataitteiset kattorakenteet ovat tehdasvalmisteisia kattoristikoida. Rakennusten vesikate on konesaumattua pinnoitettua peltiä. Asuntojen lattiat ovat pääosin parkettia ja porrashuoneiden lattiat muovimattoa muovijalkalistoin. WC- ja kylpyhuonetilat sekä keittiökalusteiden välitilat on laatoitettu ja alakatot ovat näissä puupaneeliset. Sisäkatot ovat pääosin ruiskutasoitepintaisia, paitsi keittiöt, joissa katto on tasoitettu ja maalattu. Huoneiden seinäpinnat on

maalattu. (Kivimäki & Koskenvesa 2008.) Taulukossa 3.5 on esitetty pienkerrostalokohteen tuntimäärien jakautuminen Talo 80-rakennusosanimikkeistön mukaan.

Taulukko 3.5. Esimerkkikohteen pienkerrostalon työmenekkien jakautuminen Talo 80 mukaisille rakennusosakokonaisuuksille (Kivimäki & Koskenvesa 2008)

Rakennusosakokonaisuudet, Talo 80		Kokonaistyömenekki T4	Kokonaistyömenekki T4	Kokonaistyömenekki T4	Osuus kokonaistyö- tuntimäärästä
1	Maa- ja pohjarakennus	930 tth	0,5 tth/brm ²	0,2 tth/rm ³	4 %
2	Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet	3860 tth	2,1 tth/brm ²	0,6 tth/rm ³	18 %
3	Runko- ja vesikattorakenteet	2070 tth	1,1 tth/brm ²	0,3 tth/rm ³	10 %
4	Täydentävät rakenteet	1380 tth	0,8 tth/brm ²	0,2 tth/rm ³	6 %
5	Pintarakenteet	3800 tth	2,1 tth/brm ²	0,6 tth/rm ³	17 %
6	Kalusteet, varusteet, laitteet	700 tth	0,4 tth/brm ²	0,1 tth/rm ³	3 %
7	Kone tekniset työt	4150 tth	2,3 tth/brm ²	0,7 tth/rm ³	19 %
8, 9	Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset	4970 tth	2,7 tth/brm ²	0,8 tth/rm ³	23 %
	Yhteensä	21860 tth	11,9 tth/brm ²	3,6 tth/rm ³	100 %

3.3.3 Rivitalo

Kolmas esimerkkikohde on rivitalokohde. Kohde sisältää viisi kaksikerroksista rakennusta. Kohteessa on 19 asuntoa, jotka ovat kahdessa kerroksessa. Huoneistojen pinta-alat ovat 80–120 m² ja niissä on 3-5 huonetta, keittiö ja sauna. Rivitalojen yhteenlaskettu tilavuus on 7200 rm³, bruttoala 2300 brm² ja huoneistoala 1800 hm². Asuntoihin liittyy 5 m² lämmin varasto ja ranskalainen parveke. Kohteen yhteydessä on myös jäte- ja autokatokset, joiden yhteispinta-ala on 360m². Tontilla oli 2790 m² maankaivutyötä sekä 270 m³ louhintatyöt. Rakennuspohjaa on vahvistettu lyöntipaaluin 3-9 m syvyyksiin 640 paalutrillillä. Anturoiden muottityötä oli 170 m².

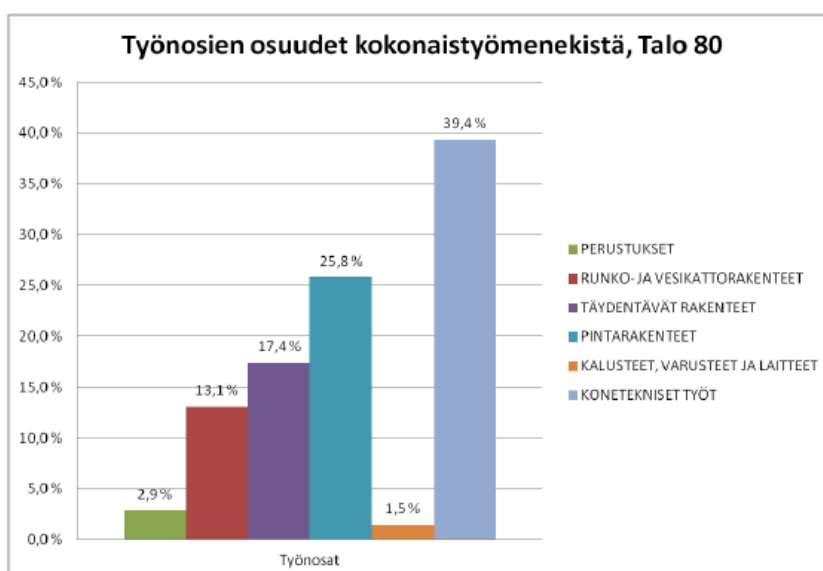
Rakennusrunko on elementtirakenteiden koostuen sokkelipalkeista, kuorielementeistä, väliseinäelementeistä, porraselementeistä ja ontelolaatoista. Väestönsuoja rakennettiin paikallavalaen. Rakennusten harjakattorakenteet tehtiin valmiilla kattoristikoidilla. Asuinrakennusten vesikate on betonikattotiiltä ja pihavarasto muotopeltilevyä. Rakennusten julkisivut ovat pääosin paikallamuurattuja ja osin rimalaudoitettuja. Asuntojen lattiat ovat pääosin parkettia. Eteiset, WC:t, keittiökalusteiden välitilat ja kylpyhuoneet ovat laatoitettuja. Kylpyhuoneissa on alaslaskettu puupaneelikatto, muuten katon pintamateriaalina on ruiskutasoite tai maalattu tasoite. Huoneiden seinäpinnat on maalattu. (Kivimäki & Koskenvesa 2008.) Taulukossa 3.6 on esitetty rivitalokohteen tuntimäärien jakautuminen Talo 80-rakennusosanimikkeistön mukaan.

Taulukko 3.6. Esimerkkikohteen rivitalon työmenekkien jakautuminen Talo 80 mukaisille rakennusosakokonaisuuksille (Kivimäki & Koskenvesa 2008)

Rakennusosakokonaisuudet, Talo 80		Kokonaistyömenekki T4	Kokonaistyömenekki T4	Kokonaistyömenekki T4	Osuus kokonaistuntimäärästä
1	Maa- ja pohjarakennus	2230 tth	1,0 tth/brm ²	0,3 tth/rm ³	8 %
2	Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet	2810 tth	1,2 tth/brm ²	0,4 tth/rm ³	10 %
3	Runko- ja vesikattorakenteet	1940 tth	0,8 tth/brm ²	0,3 tth/rm ³	7 %
4	Täydentävät rakenteet	2180 tth	0,9 tth/brm ²	0,3 tth/rm ³	8 %
5	Pintarakenteet	8390 tth	3,6 tth/brm ²	1,2 tth/rm ³	30 %
6	Kalusteet, varusteet, laitteet	510 tth	0,2 tth/brm ²	0,1 tth/rm ³	2 %
7	Konetekniset työt	5660 tth	2,5 tth/brm ²	0,8 tth/rm ³	20 %
8, 9	Työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset	4160 tth	1,8 tth/brm ²	0,6 tth/rm ³	15 %
	Yhteensä	27880 tth	12,1 tth/brm ²	3,9 tth/rm ³	100 %

3.3.4 Toimistorakennus

Aho (2014) esittää kandidaatintyössään laskemansa yhden esimerkkikohteen kokonaistyömenekin. Kohde on toimistorakennushanke, joka edustaa yleistä vallitsevaa tuotantotekniikkaa ja laatutasoa. Kokonaistyömenekki on laskettu Ratu-tömenekkien ja rakennuskohteen määrätiedon avulla. Esimerkistä puuttuu maanrakennuksen sekä käyttö- ja yhteiskustannusten pääryhmien työmenekit. Esimerkki on koostettu laskemalla määräluettelon rakennusosien rakentamiseen kuluva tehollinen aika eli T3-aika. Seuraavaksi T3-aika on muunneltu työkokonaisuuksittain kokonaisajaksi eli T4-ajaksi. Kokonaistuntimäärät on esitetty Talo 80, Talo 90 ja Talo 2000 – nimikkeistöjen mukaisesti. (Aho 2014.) Kuvassa 3.9 on esitetty esimerkin toimistorakennushankkeen työtuntijakauma Talo 80-nimikkeistön mukaisesti.



Kuva 3.9. Esimerkkikohteen työtuntijakauma Talo 80-nimikkeistön mukaisesti (Aho 2014)

Esimerkkikohde on kahdeksankerroksinen teräsbetonirunkoinen toimistorakennus, jossa on lisäksi parkkihalli maantason alapuolella. Parkkihalli on jätetty huomioimatta kohteiden yhdenvertaistamisen vuoksi ja vertailun helpottamiseksi. Ylimmässä kerroksessa on vain IV-konehuone. Rakennuksen tilavuus on 31960 m³ ja bruttoala 7619 m².

Rakennuksen runko on betonielementtirakenteinen: teräsbetonipilarit, teräsbetonipalkit ja ontelolaatat. Teräsrakenteita on käytetty muun muassa lasijulkisivussa ja rakennuksen ulkopuolisessa portaikossa. Vesikatteen pinta-alasta puolet on toteutettu betonilla kallistaen ja kevytsoralla eristäen. Puolet on toteutettu kantavalla profiilipellillä. Molemmat osat ovat kumibitumikermillä päällystettyjä tasakattoja. Kohteen julkisivu on toteutettu eristerapatulla ei-kantavalla sisäkuorielementillä, josta 500 m² on kaksoisjulkisivua. Puolet ikkunapinta-alasta on toteutettu puuikkunoilla ja puolet metallilasiseinällä. Väliseinistä 750 m² on 2 levyn kipsilevyseinää, 1630 m² 4 levyn kipsilevyseinää, 700 m² muurattua väliseinää ja 630 m² metallilasiseinää. Lattiat ovat pääasiassa linoleumia. Märkätiloissa on laatoitusta ja neuvotteluhuoneissa parkettia. Kohteessa on noin 4500 m² alaslaskettua sisäkattoa. Seinäpinnat ovat maalattuja. (Aho 2014). Taulukossa 3.7 on esitetty toimistorakennuskohteen työntekijätuntien jakautuminen Talo 80–nimikkeistön mukaisesti.

Taulukko 3.7. Esimerkkikohteen työntekijätuntien jakautuminen Talo 80 – nimikkeistön mukaisesti (Aho 2014)

Rakennusosanimekkeet, Talo 80	Kokonaistyömenekki T4 (tth)	Kokonaistyömenekki T4 (tth/brm2)	Kokonaistyömenekki T4 (tth/rm3)	Osuus kokonaistuntimäärästä
2 Perustukset	1380	0,2	0,04	3 %
3 Runko- ja vesikattorakenteet	6300	0,8	0,20	13 %
4 Täydentävät rakenteet	8390	1,1	0,26	17 %
5 Pintarakenteet	12430	1,6	0,39	26 %
6 Kalusteet, varusteet ja laitteet	710	0,1	0,02	1 %
7 Konetekniset työt	18970	2,5	0,59	39 %
Yhteensä	48180	6,3	1,51	100 %

3.4 Mallin käytettävyys

Käytettävyys tuotteen ominaisuutena kuvaa, kuinka sujuvasti käyttäjä käyttää tuotteen toimintoja päästäkseen haluamaansa päämäärään (Kuutti 2003). Käytettävyydeltään hyvä eli käyttäjäystävällinen ohjelma on ymmärrettävä, vaivaton, kattava sekä esteettisesti miellyttävä. Jos sovellus on ymmärrettävä, on se myös helppo oppia. (Wiio 2004.) Tuotteen pitää sopia siihen tehtävään, johon se on tarkoitettu. Helppokäyttöisyys säästää sekä opiskelusta että tehottomasta tuotteen käytöstä syntyviä kustannuksia. Opittavuus säästää käyttäjiä turhautumasta ja stressaantumisesta. Vaikeakäyttöisyys karkottaa käyttäjät. (Sinkkonen *et al.* 2006.)

Käytettävyyden ongelmilla voi olla vakavia välittömiä vaikutuksia. Ongelmien vuoksi käyttäjä ei omaksu sovellusta käyttöönsä tai häneltä jää sovelluksen ominaisuuksia hyödyntämättä. Käytettävyyden ongelmien takia käyttäjä tekee virheitä ja häneltä kuluu tehäviinsä tarpeettoman paljon aikaa. (Wiio 2004.)

3.4.1 Visuaalinen suunnittelu

Visuaalinen suunnittelu on tärkeä osa käyttöliittymäsuunnittelua. Visuaalisella suunnittelulla on erittäin suuri merkitys uusien käyttäjien osaamiseen. Suunnittelulla voidaan vaikuttaa käytön tehokkuuteen. Hyvällä suunnittelulla ja sen visuaalisia ominaisuuksia kehittämällä työskentelynopeus paranee 20–40 %. Esteettinen ja miellyttävä kokonaisuus on tärkeä, mutta tärkeintä on käyttöliittymän sisältö ja toimivuus.

Hyvä informaation jäsentely auttaa käyttäjää huomaamaan käyttöliittymän elementit tehokkaasti. Käyttäjälle tarjotaan merkityksellisiä kokonaisuuksia, jotka näkyvät tuotteen jäsentelyssä. Tuotteessa elementtien järjestyksen pitää vastata todellista asioiden käyttö tai muuta järjestystä, jonka käyttäjä tunnistaa. (Sinkkonen *et al.* 2006.)

Tekstin sisällä tehokas tapa ohjata huomiota on tekstin lihavoiminen. Myös väri on tehokas ja hyväksi havaittu tapa ohjata huomiota. Käyttöliittymän normaalista väryksestä poikkeava väri kaappaa varmasti katsojan huomion. Tällöin normaalin väryksen on oltava kohtuullisen hillitty. Liika häly ja keskenään huomiosta kilpailevat elementit pilaavat helposti käyttöliittymän. Huomiota kannattaa kiinnittää, mutta liian moneen asiaan samanaikaisesti huomion kiinnittämistä tulee välttää. (Kuutti 2003.)

Käyttäjä todennäköisesti osaa lähteä etsimään tarvitsemiaan toimintoja muun muassa valikoista ja työkalupalkeista. Uteliaimmat käyttäjät pyrkivät aktiivisesti rakentamaan itselleen käsitystä siitä, mitä kaikkea sovelluksella voi tehdä. Käyttäjän pitää päästä helposti käsiksi sovelluksen eri osiin. Lisäksi hänen on löydettävä sovelluksesta tarvitsemansa tiedot ja toiminnot. Käyttäjät pyrkivät ymmärtämään logiikan, millä tiedot ja toiminnot on jaoteltu. (Wiio 2004.)

3.4.2 Opittavuus

Opittavuus on yksi keskeinen käytettävyyden osatekijä. Opittavuutta voidaan kuvata tuotteen tuoton, tehokkuuden ja tuotteen miellyttävyyden kautta. Tuotto kuvaa kuinka monta toimintoa on opittu ja kuinka monta prosenttia käyttäjistä on oppinut tietyt asiat. Tehokkuus kuvaa kuinka paljon aikaa menee tiettyjen asioiden oppimiseen ja kuinka paljon aikaa menee tiettyjen asioiden uudelleen oppimiseen. Miellyttävyys kuvaa kuinka helppoa tuotteen käyttö on oppia.

Tehokkuus ja opittavuus kärsivät, jos tuote ei ole johdonmukainen ja yhdenmukainen termistöltään ja toimintatavaltaan sekä selkeä rakenteiltaan. Tuote on helppokäyttöinen ja tehokas, jos tuote vastaa käyttäjien tarpeita ja tavoitteita. Tuotteissa olisi myös hyvä olla aloittelija- ja asiantuntijatilat käyttäjän valinnan mukaan. (Sinkkonen *et al.* 2006.)

3.4.3 Käytettävyytesti

Käytettävyytestin tarkoituksena on tehdä tuotteen käyttölaadusta parempi seuraamalla käyttäjän mentaalimalleja tilanteessa, joka muistuttaa aitoa tilannetta ja tehtävät ovat niin aitoja kuin mahdollista (Sinkkonen & *et al.* 2006). Oikeaa sovelluksen kohderyhmää mahdollisimman hyvin edustava koehenkilö suorittaa sovelluksella tai sen prototyypillä etukäteen määritettyjä tehtäviä (Kuutti 2003).

Käytettävyytestin perusteella mitataan, ovatko tuotteet käytettävyydeltään sellaisia, että ne voidaan hyväksyä levitykseen. Hyväksymistestin tarkoituksena on tarkastaa, että tuote täyttää sille asetetut käytettävyyksvaatimukset. Samalla tarkistetaan, onko tuotteessa käyttöongelmia, jotka pitää vielä korjata tai niiltä osin ohjeistaa uusiksi. (Sinkkonen *et al.* 2006.)

Käytettävyyden testauksella saadaan lisäksi paljon hyödyllistä ja konkreettista palautetta. Testauksella selviää miten käyttäjät tulkitsevat käyttöliittymää ja miten he löytävät tarvitsemiaan tietoja ja toimintoja. Lisäksi testauksella selviää miten käyttäjät oppivat käyttämään sovellusta ja kuinka tehokkaasti he käyttävät sitä. (Wiio 2004.)

Käytettävyytestissä on karkeasti jaettuna kolme osaa:

1. Testin järjestäminen ja testaussuunnitelman laatiminen.
2. Testin suorittaminen.
3. Testin analysointi ja testiraportin laatiminen. Testiin kannattaa liittää myös asiantuntija-arvio.

Kvalitatiivisella testillä pyritään löytämään tuotteesta niin monta käytettävyydeltään ongelmallista kohtaa kuin mahdollista, jotka voidaan korjata tai ohjeistaa. (Sinkkonen *et al.* 2006.)

4. TUTKIMUSSTRATEGIA

Luvun alussa esitetään tutkimusote ja tutkimusmenetelmät. Ensin teoreettisesti, minkä jälkeen osoitetaan lyhyesti tämän tutkimuksen yhtymäkohdat esitettyyn teoriaan. Luvun lopussa kuvataan tutkimuksen kulku.

4.1 Tutkimusote ja tutkimusmenetelmät

4.1.1 Konstruktiivinen tutkimusote

Suunnittelutieteellinen eli konstruktiivinen tutkimusote on innovatiivisia konstruktioita tuottava metodologia, jolla pyritään ratkaisemaan reaali maailman ongelmia ja näin tuottamaan kontribuutioita sille tieteenalalle, jossa sitä sovelletaan. Kaikki ihmisen luomat artefaktit, kuten mallit, diagrammit, suunnitelmat, organisaatorakenteet, kaupalliset tuotteet ja tietojärjestelmämallit ovat konstruktioita. Konstruktiolle tunnusomaista on, että ne eivät ole löydettyjä vaan ne keksitään ja kehitetään. Uudenlaiset konstruktiot itsessään kehittävät uutta todellisuutta. (Lukka 2001.)

Konstruktiivinen tutkimusote:

- keskittyy tosielämän ongelmiin, jotka pyritään ratkaisemaan
- tuottaa innovatiivisen konstruktion, joka on tarkoitettu ratkaisemaan alkuperäinen tosielämän ongelma
- sisältää kehitetyn konstruktion toteuttamisyrityksen, jolla testataan sen käytännön soveltuvuutta
- merkitsee tutkijan ja käytännön edustajien hyvin läheistä yhteistyötä, jossa odotetaan tapahtuvan kokemuksellista oppimista
- on huolellisesti kytketty olemassa olevaan teoreettiseen tietämykseen
- kiinnittää erityistä huomiota empiiristen löydösten reflektointiin takaisin teoriaan (Lukka 2000).

Konstruktiivisen tutkimusotteen keskeiset elementit on esitetty kuvassa 4.1.



Kuva 4.1. Konstruktiivisen tutkimusotteen keskeiset elementit (Lukka 2001)

Konstruktiivinen tutkimus on luonteeltaan kokeellista: kehitettyä ja implementoitua uutta konstruktioita tulisi tarkastella instrumenttina, jolla yritetään havainnollistaa, testata tai jalostaa aikaisempaa teoriaa, tai luoda kokonaan uusi teoria. Konstruktiivisen tutkimusotteen ideaalinen tulos on tosielämän ongelman ratkaisu implementoidulla uudella konstruktiolla. Ongelmanratkaisuprosessi tuottaa suuren kontribuution sekä käytännön että teorian näkökulmasta. (Lukka 2001.)

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli luoda konstruktio eli päivitetty versio uudisrakentamisen ajoitusmallista. Uusi ajoitusmalli mahdollistaa realistisen aikataulukehyksen asettamisen rakennushankkeelle hankkeen alkuvaiheessa ja huomioi nykyaikaisen rakentamisen erityispiirteet. Tutkimuksen alkuvaiheessa perehdyttiin alan kirjallisuuteen ja erityisesti vanhoihin ajoitusmalleihin. Niiden teorioita hyödynnettiin uuden mallin laadinnassa. Uuden mallin luomisessa hyödynnettiin myös käytännön edustajien näkemyksiä, jotka saatiin kyselytutkimuksen ja työpajatyöskentelyn avulla. Työpajan tuloksena saatiin myös ajatuksia mallin toimivuudesta käytännössä ja kehitysideoita. Lopuksi ajoitusmalli testattiin rakennustekniikan opiskelijoiden avulla käytettävyyden osalta.

4.1.2 Kirjallisuustutkimus

Yksi ensimmäisistä tehtävistä uutta tutkimusprojektia aloitettaessa on selvittää miten kyseistä asiaa on aikaisemmin lähestytty ja millä tavoin se on tapahtunut. Näin vältetään tekemältä uudestaan samanlaista tutkimusta, joka tuottaisi vain samanlaista aineistoa ja samantyyppisiä johtopäätöksiä kuin aikaisemmat tutkimukset. Kirjallisuuteen tutustumalla tutkija voi myös ennakoida mahdollisia ongelmia, joita kenttätössä saattaa tulla eteen sekä varautua ongelmiin, joita aikaisemmilla tutkijoilla on ollut ja mahdollisesti välttää niitä.

Alan kirjallisuuteen kuuluu tutkimuksen erityisalueen lisäksi yleinen teoreettinen ja menetelmäkirjallisuus, joihin kannattaa myös perehtyä ennen varsinaisen tutkimuksen aloittamista. Usein varsinkin menetelmäkirjallisuutta ei pidetä tärkeänä, vaikka siihen tutustumalla tutkija voi välttyä monelta alkeelliselta tekniseltä virheeltä. (Grönfors & Vilkkä 2011.)

Tämä tutkimus aloitettiin perehtymällä vanhoihin ajoitusmalleihin ja muuhun aikataulu-kirjallisuuteen sekä tuotteen käytettävyyteen vaikuttaviin tekijöihin. Kirjallisuustutkimuksella saatiin perustiedot uuden mallin laadintaan. Tutkimuksen erityisalueen lisäksi perehdyttiin menetelmäkirjallisuuteen ja valittiin tutkimukseen sopiva tutkimusote sekä tutkimusmenetelmät.

4.1.3 Kyselytutkimus

Kyselytutkimus on mahdollisesti laajimmin käytetty menetelmä hankkia tutkimusaineisto, joka kuvaa laajojen joukkojen käsityksiä, mielipiteitä ja asenteita. Kyselytutkimusta käytetään suuriin yleiskartoituksiin ja myös esitutkimuksena jatkotutkimuksille.

Kyselytutkimuksen peruseräitä ovat systemaattisuus, edustavuus, objektiivisuus ja määrällisyys. Huolellisesti suunniteltu ja toteutettu kyselytutkimus on hyvä keino varmistua siitä, että tutkittava analysoidaan sisällöltään riittävän laajasti. Kyselytutkimus voi käsittää kattavasti koko populaation, jolloin siihen sisältyvät ilmiön kaikki mahdolliset tapausmuodot. Vaihtoehtoisesti kyselytutkimuksen otos voi olla valittu tieteellinen edustavuus huomioiden. Kyselytutkimuksen aineisto kootaan niin täsmällisesti kuin mahdollista. Kyselytutkimus tuottaa usein aineistoa, joka on ilmaistavissa numeromuodossa.

Kyselytutkimukset soveltuvat parhaiten erilaisten tilanteiden, käytäntöjen ja olosuhteiden kartoitukseen sekä vertailujen tekemiseen. Kyselytutkimus on taloudellinen tapa hankkia tietoa suurelta määrältä ihmisiä. Toisaalta käsiteltävän tiedon määrä on samalla osittain rajattu. Kaikki vastaajat eivät myöskään välttämättä halua tai viitsi vastata moniin heille tuleviin kyselyihin. Tällöin pois jäävät juuri ne, joita asia ei kiinnosta tai jotka vastustavat tai arastelevat kyselyn aihetta, jolloin vastausten edustavuus voi olla puutteellinen.

Kyselyaineiston kokoamisen perusoletuksena on, että vastaajat ovat rehellisiä ja että vastaukset voidaan saada täsmällisesti ja luotettavasti. Tavallisesti kyselytutkimus tehdään sitä varten suunnitellun lomakkeen avulla ja siihen sisältyy tietty määrä kysymyksiä. Kysymysten sopiva määrä kannattaa arvioida esitestauksen avulla. Sopiva määrä riippuu kohderyhmän asiantuntijuuden tasosta, koulutuksesta ja muun muassa motivaatiosta vastata siihen. Lopullisen kyselylomakkeen tulee olla niin lyhyt, yksinkertainen ja suoraviivainen kuin mahdollista. (Anttila 1998.)

Tässä työssä kyselytutkimuksella hankittiin syventävää tietoa rakennushankkeiden aikataulusuunnittelusta. Kyselytutkimus täydensi kirjallisuustutkimuksessa saatua teoreettista tietoa käytännön edustajien antamilla nykyaikaisilla näkemyksillä. Sen avulla selvitettiin aikataulusuunnittelun käytäntöjä hankkeen alkuvaiheessa, työntekijätuntien jakautumista eri rakennusvaiheille ja rakentamisen aikajonon muuttumisen syitä. Kyselytutkimukset lähetettiin usean yrityksen edustajalle, jolla pyrittiin saamaan riittävän laaja otos. Kyselylomake pyrittiin pitämään lyhyenä ja selvänä kokonaisuutena, mihin oli helppoa vastata.

4.1.4 Työpajatyöskentely

Työpajatyöskentely on asiantuntijamenetelmä, jolla voidaan kerätä näkemyksiä tulevaisuuden kehityksestä. Työpajatyöskentelyyn kutsutaan mukaan keskeisimmät sidosryhmät, joiden näkemykset ja toiminta ovat tärkeitä tulevaisuuden kehityksen kannalta. Tyypillisesti työpajan alussa esitetään työskentelyn lähtökohdat ja aihealuetta yleisesti, jolla luodaan yhteistä pohjaa keskustelulle. Työpajassa valittua aihetta pohditaan teemoittain esimerkiksi 4-7 hengen pienryhmissä. Pienryhmien tulokset kootaan yhteen ja työskentelyä jatketaan toisen aiheen teemoilta tai syvennyttään lisää käsiteltävään aihealueeseen. Lopuksi voidaan järjestää seminaaritilaisuus, jossa työpajatyöskentelyn tulokset käydään yhdessä läpi ja voidaan saada kommentteja esimerkiksi loppuraportin luonnokseen. Työpajatyöskentelyssä voidaan kerätä kvalitatiivista tietoa, mutta myös kvantitatiivista tietoa esimerkiksi erilaisten äänestysten perusteella. (Verne 2015.)

Tämän tutkimuksen työpajaan osallistui rakennuttajien ja urakoitsijoiden edustajia, millä varmistettiin erilaisten näkemysten saanti. Työpaja aloitettiin uuden ajoitusmallin alustavan Excel-pohjan esittelyllä. Esittelyn aikana työpajan osallistujat esittivät kysymyksiä mallista ja esittelyn jälkeen he esittivät mielipiteitään mallista sekä mahdollisia kehitysideoita. Kehitysideoita saatiin muun muassa mallin käytännön toimivuuden parantamiseksi.

4.1.5 Käytettävyydestä

Kontrolloitu koe tutkimusmenetelmänä tarkoittaa kokeen järjestämistä niin, että mahdollisimman moni, mieluiten kaikki tutkittavaan ilmiöön kuuluvat tekijät ovat tutkijan kontrolloitavissa. Kontrolloitua koetta voidaan käyttää innovaation toteutumisen hyödyllisyyden mittaamiseen. Kokeessa tutkijan oletetaan olevan neutraali ulkopuolinen havainnoija, joka ei vaikuta tutkittavaan ilmiöön muuten kuin tarkoituksellisella interventiolla eli riippumattomia muuttujia manipuloimalla koejärjestelyn mukaisesti. (Järvinen & Järvinen 2011.) Kvalitatiivisella testillä pyritään löytämään tuotteesta niin monta käytettävyydestään ongelmallista kohtaa kuin mahdollista, jotka voidaan korjata tai ohjeistaa (Sinkkonen *et al.* 2006).

Kontrollin tuominen kokeeseen on tärkeää, koska kokeen tarkoitus on tuottaa varmistettua käytännön tietoa. Vasta tiedon käyttö käytännössä osoittaa, että tieto on arvokasta. Tieto antaa meille mahdollisuuden ennustaa tietyllä varmuudella. Tiedon ei tule vain pitää yhtä todellisuuden kanssa, vaan sen pitää myös olla sellaista, jotta ihmiset voivat luotettavasti perustaa käyttäytymisensä siihen. Ideaalitapauksessa tiedon tulee toteuttaa kaksi perusvaatimusta: tiedon tulee heijastaa todellisuutta sekä olla varmistettua ja luotettavaa. (Mason 1988.)

Tämän tutkimuksen käytettävyydestä suoritettiin kontrolloituna kokeena. Opiskelijat suorittivat kotitehtävänänsä opiskelijanumerosta riippuvan mallihankkeen normaaliikeston määrittämisen uuden ajoitusmallin Excel-pohjan avulla. Kontrolloidulla kokeella tarkistettiin myös olivatko opiskelijat osanneet käyttää mallia eli olivatko he saaneet opiskelijanumeroaan vastaavan rakennustyyppin hankkeen normaaliikeston määritettyä. Testin lopuksi opiskelijat täyttivät käytettävyysskyselyn. Käytettävyysskyselyssä pyrittiin saamaan kuva mallin käytettävyydestä sekä löytämään mallista mahdollisimman monta käytettävyydeltään ongelmallista kohtaa, jotka voitiin korjata tai ohjeistaa paremmin.

4.2 Tutkimuksen suoritus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli luoda innovatiivinen konstruktio eli uusi uudisrakentamisen ajoitusmalli. Ajoitusmalli luotiin kirjallisuuden, kyselytutkimuksen ja työpaikatjatyöskentelyn avulla, jonka jälkeen mallin käytettävyys testattiin.

Tutkimus aloitettiin kirjallisuuskatsauksella perehtymällä rakennushankkeen aikataulusuunnitteluun, vanhoihin ajoitusmalleihin sekä tuotteen käytettävyyteen. Kirjallisuuskatsauksessa perehdyttiin vanhoihin ajoitusmalleihin ja Ratu-kirjallisuuteen, jolla selvitettiin eri rakennustyyppien nykyaikaiset kokonaistyömenekit ja pääryhmätasoiset työmenekit. Sen avulla saatiin perusteet uuden laskentamallin laatimiselle. Kirjallisuuskatsauksessa selvitettiin myös rakentamisvaiheen kestoon vaikuttavat tekijät ja miten rakentamisvaiheen kestoa arvioidaan eri maissa rakennushankkeen alkuvaiheessa. Lisäksi kirjallisuuskatsauksessa perehdyttiin lyhyesti käytettävyyteen vaikuttaviin tekijöihin, mikä on olennaista suunniteltaessa tuotetta, ohjelmaa tai mallia muiden käyttöön.

Kirjallisuuskatsauksen yhteydessä määritettiin uudet eri rakennustyyppien työmenekkien vertailutasot. Uudet vertailutasot määritettiin toimistorakennukselle, asuinkerrostalolle, pienkerrostalolle ja rivitalolle. Kokonaistyömenekit tarkentuivat tutkimuksen edetessä. Kirjallisuuskatsauksessa käsiteltyjen lähdeaineistojen laskentapohjissa havaittiin muutamia laskuvirheitä, joiden osalta työmenekkejä muokattiin Ajoitusmallin vertailutasoihin. Vertailutason toimistorakennuksen maanrakennuksen sekä käyttö- ja yhteiskustannusten pääryhmien työmenekit määritettiin Ahon (2014) kandidaatintyössä käsitellyn toimistorakennuksen määräluettelon ja aikataulukirjan työmenekkien perusteella.

Tuotantotekniikan muutosten vaikutukset runkorakenteiden työmenekkeihin määritettiin laskennallisesti vertailutason aitojen kohteiden määräluetteloiden ja Rakennusten kustannuksia 2015 –kirjan työmenekkien avulla. Kirjan rakennusosien pinta-aloihin perustuvilla työmenekkeillä määritettiin karkeat osaelementtitekniikkaa ja paikallarakennustekniikkaa vastaavat työmenekit. Tuotantotekniikan muutosten vaikutukset käyttö- ja yhteiskustannusten työmenekkeihin määritettiin laskennallisesti vanhan mallin avulla. Vanhan ajoitusmallin tuotantotekniikoille määritettyjen muutosarvojen avulla laskettiin suhteelliset

muutokset vanhan mallin tuotantotekniikoiden työmenekeille. Näiden suhteellisten muutoksien avulla laskettiin uudet pääryhmätasoiset työmenekit käyttö- ja yhteiskustannuksille.

Vanhan mallin ja uusien kokonaistyömenekkien ja pääryhmätasoisien työmenekkien vertailulla selvitettiin miten kokonaistyömenekit ja aikajako ovat muuttuneet rakentamisessa viimeisen 25 vuoden aikana. Muutosten syitä selvitettiin kyselytutkimuksen avulla.

Ajoitusmallin Excel-pohjan työstäminen aloitettiin jo kirjallisuuskatsauksen teon yhteydessä. Excel-pohjaan otettiin mallia vanhoista malleista, mutta siitä luotiin nykyaikaisempi ja helppokäyttöisempi. Mallista pyrittiin saamaan käytettävyydeltään hyvä, jotta sen käyttöönotto ja käyttö olisi helppoa.

Kirjallisuuskatsauksen teon aikana määritettiin rakennusajan ja rakennusvaiheiden normaalikestojen uudet laskentakaavat 12 hankkeen yleisaikataulujen, laajuustietojen ja kokonaistyömenekkien perusteella. Hankkeiden ja rakennusvaiheiden kokonaistyöpanokset laskettiin laajuustietojen ja vertailutasojen työmenekkien avulla. Kokonaistyöpanoksia vastaavat kestot piirrettiin kuvaajiin ja kuvaajista saatiin uudet normaalikestojen laskentakaavat koko rakennusajalle ja eri rakennusvaiheille.

Pienten hankkeiden (kokonaistyöpanos alle 10 000 tth) rakennusajan normaalikeston laskentakaava määritettiin SUKE-ajoitusmallin ja vertailutason työmenekkitietojen avulla. Pienten hankkeiden rakennusvaiheiden normaalikestojen laskentakaavoja ei laadittu. Pienten hankkeiden kokonaistyöpanokset laskettiin 1000 – 5000 m³ hankkeille vertailutasojen työmenekkien avulla. SUKE-ajoitusmallista saatiin laajuuksia vastaavat kestot ja niiden avulla muodostettiin uusi laskentakaava.

Kyselytutkimuksessa Excel-pohjainen kyselylomake lähetettiin 10 rakennusyrityksen edustajalle ja vastauksia saatiin viiden suuren rakennusyrityksen työntekijöiltä, jotka toimivat erilaisissa tehtävissä urakoitsijapuolella. Kyselytutkimuksella selvitettiin aikataulusuunnittelun käytäntöjä hankkeen alkuvaiheessa, työntekijätuntien jakautumista rakennusvaiheille ja rakentamisen aikajaon muuttumisen syitä. Kyselypohja on esitetty liitteenä A ja kyselytutkimuksen tulokset luvussa 6.

Uudis- ja korjausrakentamisen ajoitusmalleja käsittelevä työpaja järjestettiin 1.10.2015 klo 12 - 15 rakennusteollisuuden tiloissa Helsingissä. Työpajaan osallistujille lähetettiin ajoitusmalleja käsittelevät ennakkomateriaalit ennen työpajaa. Työpajaan osallistui diplomitoiden tekijöiden lisäksi 13 asiantuntijaa, jotka työskentelevät erilaisissa tehtävissä uudis- ja korjausrakentamisen parissa. Paikalla oli niin urakoitsijoiden kuin rakennuttajienkin edustajia. Työpajan osallistujalista on esitetty liitteenä B ja tulokset luvussa 6.

Työpajan ensimmäinen osa käsitteli uudisrakentamisen ajoitusmallia ja jälkimmäinen korjausrakentamisen ajoitusmallia. Työpaja aloitettiin uudisrakentamisen ajoitusmallin

teorian ja ajoitusmallin Excel-pohjan esittelyllä. Esittelyn aikana työpajan osallistujat esittivät kysymyksiä mallista ja esittelyn jälkeen he esittivät mielipiteitään mallista sekä mahdollisia kehitysideoita.

Ajoitusmallin prototyyppiä kehitettiin kyselytutkimuksen ja työpajan tulosten avulla. Kyselytutkimuksen avulla saatiin muun muassa käyttö- ja yhteiskustannusten kokonaistyo-panoksen karkea prosentuaalinen jako rakennusvaiheille. Työpajasta saatiin useita kehitysideoita, joilla parannettiin mallin toimivuutta käytännössä. Työpajan tuloksena saatiin muun muassa laadittua uusi vaihejako.

Vaihejaon ja rakennusvaiheiden sisältöjen muuttumisen vuoksi päivitettiin normaalikes- tojen laskentakaavat. Lisäksi ajoitusmalliin tehtiin pieniä rakenteellisia muutoksia saatu- jen kehitysideoiden perusteella. Kaikkia kehitysideoita ei tässä diplomityössä toteutettu. Yksi tällainen kehitysidea oli, että ajoitusmalli huomioisi runkovaiheen ja sisävaiheen välille varattujen kuivumisaikojen riittävyydet.

Lopuksi laaditun ajoitusmallin käytettävyys testattiin Tampereen teknillisen yliopiston rakentamistalouden perusteet –kurssin opiskelijoilla, joiden kotitehtävänä oli määrittää itsenäisesti rakennushankkeen kesto mallin avulla. Rakennustyyppi ja hankkeen laajuus määräytyivät opiskelijanumeron mukaan. Käytettävyystestauksella pyrittiin saamaan kuva mallin käytettävydestä sekä löytämään mallista mahdollisimman monta käytettä- vyydeltään ongelmallista kohtaa, jotka voitiin korjata tai ohjeistaa paremmin. Malli toimi testaajilla moitteettomasti ja selkeästi suurin osa testaajista koki mallin helppokäyt- töiseksi ja selkeäksi, joten malliin ei tehty enää muutoksia. Käytettävyystestin tehtä- vänanto ja käytettävyys arviointipohja on esitetty liitteessä C ja tulokset luvussa 6.

5. KOKONAISTYÖMENEKKIEN VERTAILU

Uuden ajoitusmallin laatimiseksi selvitettiin mitä aikataulullisia muutoksia rakentamisessa on tapahtunut viimeisen 25 vuoden aikana. Tässä luvussa muutetaan alkuperäisen Talonrakennuksen ajoituskustannusmallin (1989) työmenekit vertailukelpoisiksi ja esitetään uudempien lähteiden kokonaistyömenekit vertailtavassa muodossa. Vanhan ajoitusmallin mukaisia kokonaistyömenekkejä verrataan Asuinrakennushankkeen kokonaistyömenekki Ratu-kortin (2008) ja Ahon (2014) kandidaatintyössä määritettyihin kokonaistyömenekkeihin. Vertailtavat rakennustyyppit ovat toimistorakennus, asuinkerrostalo, pienkerrostalo ja rivitalo.

Ensiksi tarkastellaan Talo 80 pääryhmätasoisten työmenekkien ja niiden mukaan lasketujen kokonaistyömenekkien tth/brm² kehitystä. Lisäksi selvitetään myös Talo 80 pääryhmätasoisten työmenekkien osuuksien muutokset rakennustyyppien kokonaistyömenekkeistä. Luvun lopussa vertaillaan eri tuotantotekniikoiden vaikutuksia eri rakennustyyppien runko- ja vesikattorakenteiden pääryhmätasoihin työmenekkeihin ja kokonaistyömenekkeihin. Talo 80-rakennusosanimikkeistö on esitetty kuvassa 5.1.

0 Rakennuttajan kustannukset	1 Maa- ja pohjarakennus	2 Perustukset ja ulkop. rakenteet	3 Runko- ja vesikattorakenteet	4 Täydentävät rakenteet	5 Pinta-rakenteet	6 Kalusteet, varusteet, laitteet	7 Kone-tekniiset työt	8 Työmaan käyttö-kustannukset	9 Työmaan yhteis-kustannukset
01	11 Raivaus ja purku	21 Anturat	31	41 Ikkunat	51 Vesikato	61 Kalusteet	71 Lämpö-, vesi- ja viemäri-työt	81 Työn-aikaiset rakenteet	91 Työmaan hallinto
02 Rahoituskulut	12 Maankaivu	22 Perusmuurit, -palkit ja -pilarit	32 Kantavat väliseinät ja pilarit	42 Eriyis-ikkunat	52 Sisäseinien pintarakenteet	62 Varusteet	72 Ilmanvaihtotyöt	82 Työn-aikaiset asennukset	92 Avustavat rakennustyöt
03 Suunnittelu ja tutkimus	13 Louhinta	23 Kantava alapohja	33 Laatat ja palkit	43 Ovet	53 Sisäkattojen pinta-rakenteet	63 Laitteet ja koneet	73 Sähkötyöt	83 Työmaan koneet ja laitteet	93 Ulkomaisen toiminnan erityiskustann.
04 Yhtiökulut, osuudet korvaukset	14 Pohjarakenteet ja -vahvistus	24	34 Portaat	44 Eriyis-ovet	54 Porras-huoneen pinta-rakenteet	64 Tilaryhmäkalusteet	74 Siirto-tekniikka	84 Työkoneet, työkalut ja -välineet	94 Talviliisätyöt
05 Rakennuttaminen ja valvonta	15 Salaojat ja putkijohdot	25 Väestön-suojarakenteet	35 Ulko-seinät	45 Kevyet väliseinät	55 Ulko-seinien pinta-rakenteet	65	75	85 Työmaan käyttö-tarvikkeet	95 Urakkahinnan muutokset
06 Liittymismaksut	16 Täyttö ja tiivistys	26 Maan-varainen laatta	36 Ulkotasot ja parvekkeet	46 Eriyis-väliseinät, jakoseinät	56 Lattian pinta-rakenteet	66	76	86 Käyttö-aineet ja energia	96 Sopimus-pohjaiset erityiskustann.
07 Markkinointi	17 Rakennus-alueen rakenteet	27 Eriyis-rakenteet	37 Ullakko ja katto-rakenteet	47 Kaiteet, hoitotasot ja -sillat	57 Eriyis-tilojen pinta-rakenteet	67 Väestön-suojavarusteet	77	87 Työmaa-kuljetukset	97 Työntekijöiden palkanlisät
08 Ulkomaiset toiminnan erityiskustann.	18 Ulko-varusteet	28 Ulko-puoliset rakenteet	38 Tilaelementit	48 Hormit, tulisijat, kanavat, piiput	58 Maalaus, tapetointi	68	78 Rakennuttajan hankintojen apu.	88 Ulkomaisen toiminnan erityiskustann.	98 Työntekijöiden sos.kulut
09	19	29	39	49	59	69	79	89	99

Kuva 5.1. Talo 80-rakennusosanimikkeistö (Talo-80 Yleisseloste 1988)

5.1 Kokonaistyömenekkien muuttaminen vertailukelpoisiksi

Talonrakennuksen ajoituskustannusmallin työmenekkien ryhmittely (aiempi taulukko 3.1) eroaa hieman uudempien lähteiden ryhmittelyistä. Maa- ja pohjarakennuksen työt ja talotekniikan työt on eritelty. Aiemmin esitettyä taulukkoa 3.1 muokattiin, jotta rakennusosakokonaisuudet ovat kaikissa lähteissä samat ja niin että ne vastaavat Talo 80:n rakennusosakokonaisuuksia. Yksikkömerkintä korjattiin alkuperäisestä h/brm² muotoon tth/brm². Taulukko 5.1 esittää siis taulukon 3.1 sisällön muokattuna.

Taulukko 5.1. Talonrakennuksen ajoituskustannusmallin (1989) mukaiset työmenekit eri rakennustyypeille, tuotantotekniikkana osaelementtitekniikka, yksikkönä tth/brm²

Talo 80- pääryhmä	1 perus- koulu	2 toimisto- rak.	3 liike- rak.	4 amm. oppil.	5 päiväk.	6 terv.kesk.	7 urh.laitos	8 kev.te.tuot. rak.	9 kirjasto	10 askrs talo	11 pien krstalo	12 rivitalo
1 Maa- ja pohjarakennus	2,13	1,24	0,80	1,33	3,19	1,56	1,75	1,47	1,89	0,74	1,16	2,12
2 Perustukset	1,20	0,65	0,76	0,92	1,72	1,12	0,92	1,00	0,80	0,61	0,94	0,97
3 Runkorakenteet	1,18	2,64	2,21	2,90	4,86	1,71	1,77	1,48	1,58	1,43	2,29	2,54
4 Täydent. Rakenteet	1,25	1,20	1,17	1,27	1,34	1,01	1,21	1,04	1,24	0,75	0,80	0,74
5 Pintarakenteet	1,25	1,35	1,51	1,61	1,89	1,60	1,69	0,47	1,65	1,30	1,56	1,36
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,24	0,18	0,10	0,32	0,38	0,30	0,20	0,10	0,24	0,21	0,25	0,23
7 Konetekniset työt	2,45	2,70	2,69	2,73	3,61	3,31	2,27	2,44	2,49	1,16	1,16	1,21
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	2,27	2,62	2,53	2,93	4,14	2,72	2,42	1,96	2,40	1,64	2,10	2,12
Kokonaistyömen. 1-9 yht.	11,97	12,58	11,77	14,01	21,13	13,33	12,23	9,96	12,29	7,84	10,26	11,29

Taulukon 5.1 perusteella on lasketaan Talo 80 mukaisten pääryhmätasoisien työmenekkien osuudet rakennustyyppien kokonaistyömenekistä. Prosentuaaliset osuudet eri rakennustyypeille on esitetty taulukossa 5.2.

Taulukko 5.2. Talonrakennuksen ajoituskustannusmallin perusteella lasketut pääryhmätasoisien työmenekkien osuudet rakennustyyppien kokonaistyömenekistä

Talo 80- pääryhmä	1 perus- koulu	2 toimisto- rak.	3 liike- rak.	4 amm. oppil.	5 päiväk.	6 terv.kesk.	7 urh.laitos	8 kev.te.tuot. rak.	9 kirjasto	10 askrs talo	11 pien krstalo	12 rivitalo
1 Maa- ja pohjarakennus	18 %	10 %	7 %	9 %	15 %	12 %	14 %	15 %	15 %	9 %	11 %	19 %
2 Perustukset	10 %	5 %	6 %	7 %	8 %	8 %	8 %	10 %	7 %	8 %	9 %	9 %
3 Runkorakenteet	10 %	21 %	19 %	21 %	23 %	13 %	14 %	15 %	13 %	18 %	22 %	22 %
4 Täydent. Rakenteet	10 %	10 %	10 %	9 %	6 %	8 %	10 %	10 %	10 %	10 %	8 %	7 %
5 Pintarakenteet	10 %	11 %	13 %	11 %	9 %	12 %	14 %	5 %	13 %	17 %	15 %	12 %
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	2 %	1 %	1 %	2 %	2 %	2 %	2 %	1 %	2 %	3 %	2 %	2 %
7 Konetekniset työt	20 %	21 %	23 %	19 %	17 %	25 %	19 %	24 %	20 %	15 %	11 %	11 %
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	19 %	21 %	21 %	21 %	20 %	20 %	20 %	20 %	20 %	21 %	20 %	19 %
Kokonaistm. 1-9 yht.	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Taulukossa 5.3 on esitetty tarkasteltavien rakennustyyppien kokonaistyömenekit Talonrakennuksen ajoituskustannusmallin mukaan. Kokonaistyömenekit on jaoteltu Talo 80 pääryhmätasoisiiin työmenekkeihin. Uusien lähteiden rakennukset ovat täyselementtirakenteisia ja vanhan ajoitusmallin mallirakennuksien työmenekit on laskettu osaelementtitekniikalla toteutettuina. Tämän vuoksi runkorakenteiden sekä käyttö- ja yhteiskustannusten työmenekit on muutettu vertailtavuuden vuoksi tuotantotekniikaltaan vastaavalaiksi. Runkorakenteiden työmenekkejä on pienennetty -0,45 tth/brm² ja vastaavasti käyttö- ja yhteiskustannusten työmenekkejä on pienennetty -0,6 tth/brm². Pienennysten

arvot perustuvat vanhan ajoitusmallin ohjeeseen. Käyttö- ja yhteiskustannusten työmenekit eivät sisällä työnjohdon työmenekkejä.

Taulukko 5.3. Tarkasteltavien rakennustyyppien kokonaistyömenekit Talonrakennuksen ajoituskustannusmallin mukaan, tuotantotekniikkana täyselementtirakenteet, yksikkönä tth/brm²

Työmenekin lähde Talo 80- pääryhmä	Ajoitusmalli Toimistorakennus	Ajoitusmalli Asuinkerrostalo	Ajoitusmalli Pienkerrostalo	Ajoitusmalli Rivitalo
1 Maa- ja pohjarakennus	1,24	0,74	1,16	2,12
2 Perustukset	0,65	0,61	0,94	0,97
3 Runkorakenteet	2,19	0,98	1,84	2,09
4 Täydent. Rakenteet	1,20	0,75	0,80	0,74
5 Pintarakenteet	1,35	1,30	1,56	1,36
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,18	0,21	0,25	0,23
7 Konetekniset työt	2,70	1,16	1,16	1,21
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	2,02	1,04	1,50	1,52
Kokonaistyömen. 1-9 yht.	11,53	6,79	9,21	10,24

Taulukossa 5.4 on esitetty taulukon 5.3 perusteella lasketut Talo 80 pääryhmätasoisien työmenekkien prosentuaaliset osuudet kokonaistyömenekistä.

Taulukko 5.4. Tarkasteltavien rakennustyyppien pääryhmätasoisien työmenekkien osuudet kokonaistyömenekistä Talonrakennuksen ajoituskustannusmallin perusteella laskettuna

Työmenekin lähde Talo 80- pääryhmä	Ajoitusmalli Toimistorakennus	Ajoitusmalli Asuinkerrostalo	Ajoitusmalli Pienkerrostalo	Ajoitusmalli Rivitalo
1 Maa- ja pohjarakennus	11 %	11 %	13 %	21 %
2 Perustukset	6 %	9 %	10 %	9 %
3 Runkorakenteet	19 %	14 %	20 %	20 %
4 Täydent. Rakenteet	10 %	11 %	9 %	7 %
5 Pintarakenteet	12 %	19 %	17 %	13 %
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	2 %	3 %	3 %	2 %
7 Konetekniset työt	23 %	17 %	13 %	12 %
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	18 %	15 %	16 %	15 %
Kokonaistyömen. 1-9 yht.	100 %	100 %	100 %	100 %

Taulukko 5.5 esittää luvussa 3 läpikäydyt Ratu 436-T Asuinrakennushankkeen kokonaistyömenekki – kortin (2008) ja Ahon (2014) kandidaatintyössä määritetyt kokonaistyömenekit ja pääryhmätasoiset työmenekit tarkasteltaville rakennustyypeille. Toimistorakennuksen maa- ja pohjarakennuksen sekä käyttö- ja yhteiskustannusten pääryhmien työmenekit määritettiin Ratun työmenekkitietojen ja mallikohteen määräluettelon avulla. Käyttö- ja yhteiskustannuksien työmenekit on arvioitu kuutioperusteisina ja niistä on vähennetty työnjohdon työmenekit.

Taulukko 5.5. Tarkasteltavien rakennustyyppien kokonaistyömenekit Ratu-kortin 436-T ja Ahon (2014) kandidaatintyön mukaan, jaoteltuna Talo 80 pääryhmittäin, yksikkönä tth/brm²

Työmenekin lähde Talo 80- pääryhmä	Aho Toimistorakennus	Ratu Asuinkerrostalo	Ratu Pienkerrostalo	Ratu Rivitalo
1 Maa- ja pohjarakennus	0,23	0,85	0,51	1,08
2 Perustukset	0,18	0,73	0,95	1,36
3 Runkorakenteet	0,81	0,89	1,12	0,94
4 Täydent. Rakenteet	1,10	0,96	0,75	1,05
5 Pintarakenteet	1,63	1,85	2,08	4,05
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,09	0,25	0,38	0,25
7 Konetekniset työt	2,49	2,16	2,27	2,04
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	1,01	0,71	1,58	0,75
Kokonaistyömen. 1-9 yht.	7,54	8,40	9,64	11,52

Joitakin Ratu 436-T -kortin arvoja muutettiin laskentapohjissa havaittujen laskentavirheiden vuoksi. Pienkerrostalon perustusten työmenekki muuttui $2,1 \text{ tth/brm}^2 \rightarrow 0,95 \text{ tth/brm}^2$. Rivitalon koneteknisten töiden työmenekki muuttui $2,5 \text{ tth/brm}^2 \rightarrow 2,04 \text{ tth/brm}^2$. Lisäksi muut rivitalon työmenekit olivat virheellisesti T3-aikoja, joten ne muutettiin T4-ajoiksi. Arvot ovat kahden desimaalin tarkkuudella.

Taulukossa 5.6 on esitetty taulukon 5.5 perusteella lasketut Talo 80 pääryhmien prosentuaaliset osuudet rakennustyyppien kokonaistyömenekkeistä.

Taulukko 5.6. Tarkasteltavien rakennustyyppien pääryhmien työmenekkien osuudet kokonaistyömenekkeistä Ratu-kortin 436-T ja Ahon (2014) kandidaatintyön perusteella laskettuna

Työmenekin lähde Talo 80- pääryhmä	Aho Toimistorakennus	Ratu Asuinkerrostalo	Ratu Pienkerrostalo	Ratu Rivitalo
1 Maa- ja pohjarakennus	3 %	10 %	5 %	9 %
2 Perustukset	2 %	9 %	10 %	12 %
3 Runkorakenteet	11 %	11 %	12 %	8 %
4 Täydent. Rakenteet	15 %	11 %	8 %	9 %
5 Pintarakenteet	22 %	22 %	22 %	35 %
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	1 %	3 %	4 %	2 %
7 Konetekniset työt	33 %	26 %	24 %	18 %
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	13 %	8 %	16 %	7 %
Kokonaistyömen. 1-9 yht.	100 %	100 %	100 %	100 %

5.2 Kokonaistyömenekkien vertailu

Seuraavaksi asuinrakennushankkeen kokonaistyömenekki Ratu-kortin ja Ahon (2014) kandidaatintyössä määritettyjä kokonaistyömenekkejä verrataan Talonrakennuksen ajotuskustannusmallin kokonaistyömenekkeihin. Tarkoituksena on selvittää millaisia muutoksia eri rakennustyyppien rakennusosakokonaisuuksien toteutusajoissa on tapahtunut. Taulukoissa esiintyvät prosenttiluvut ovat pyöristettyjä kokonaislukuja.

5.2.1 Toimistorakennus

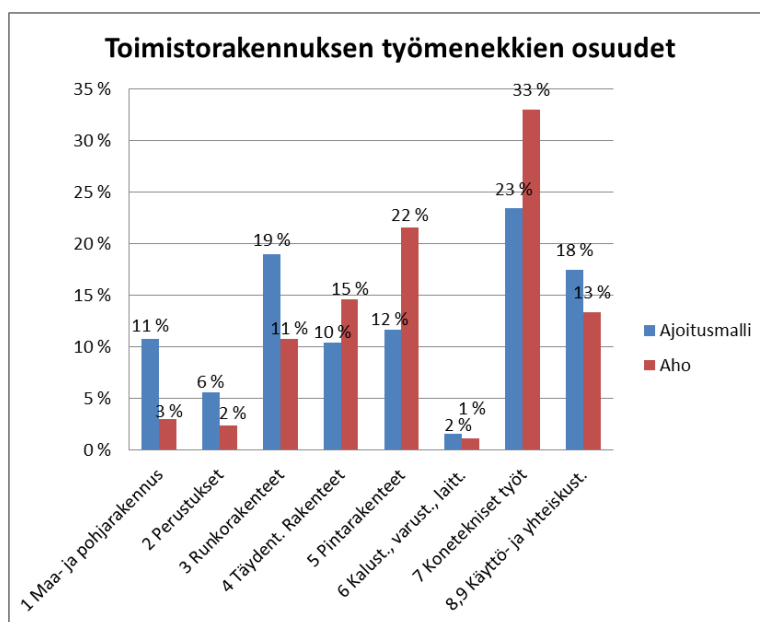
Taulukko 5.7 esittää toimistorakennuksen pääryhmätasoiset työmenekit ja kokonaistyömenekit ajoituskustannusmallin ja Ahon (2014) kandidaatintyön mukaan, niiden muutokset ja prosentuaaliset muutokset.

Taulukko 5.7. Toimistorakennuksen Talo 80 pääryhmien työmenekit ja kokonaistyömenekit sekä muutokset, yksikkö tth/brm²

Talo 80- pääryhmä	Ajoitusmalli	Aho	Muutos [tth/brm ²]	Muutos
1 Maa- ja pohjarakennus	1,24	0,23	-1,01	-81 %
2 Perustukset	0,65	0,18	-0,47	-72 %
3 Runkorakenteet	2,19	0,81	-1,38	-63 %
4 Täydent. Rakenteet	1,20	1,10	-0,10	-8 %
5 Pintarakenteet	1,35	1,63	0,28	21 %
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,18	0,09	-0,09	-50 %
7 Konetekniset työt	2,70	2,49	-0,21	-8 %
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	2,02	1,01	-1,01	-50 %
Kokonaistyömen. 1-9 yht.	11,53	7,54	-3,99	-35 %

Kokonaistyömenekin muutos toimistorakennukselle on -3,99 tth/brm² eli -35 %. Suurimmat suhteelliset muutokset ovat havaittavissa maa- ja pohjarakennuksessa, runkorakenteissa, perustuksissa sekä kalusteissa, varusteissa ja laitteissa. Maa- ja pohjarakennuksen työmenekki on pienentynyt 81 %, runkorakenteiden 63 % ja perustusten 72 %. Myös kalusteiden, varusteiden ja laitteiden työmenekki on pienentynyt 50 %.

Kuvassa 5.2 on esitetty toimistorakennuksen Talo 80 pääryhmien osuudet kokonaistyömenekistä.



Kuva 5.2. Talo 80 pääryhmien osuudet toimistorakennuksen kokonaistyömenekistä

Suurimmat erot ja muutokset kokonaistyömenekkien osuuksissa ovat maa- ja pohjarakennuksessa, runkorakenteissa ja pintarakenteissa. Maa- ja pohjarakennuksen työmenekin osuus kokonaistyömenekistä on pienentynyt 8 prosenttiyksikköä ja runkorakenteiden osuus 8 prosenttiyksikköä. Pintarakenteiden osuus on kasvanut 10 prosenttiyksikköä. Lisäksi perustuksien työmenekin osuus on pienentynyt 4 prosenttiyksikköä ja täydentävien rakenteiden osuus kasvanut 5 prosenttiyksikköä.

Ajoitusmallin ja Ahon (2014) kandidaatintyössä tutkitun toimistorakennuksien välillä on eroavaisuuksia, jotka vaikuttavat työmenekkien vertailtavuuteen. Merkittävimmät eroavaisuudet on esitetty taulukossa 5.8.

Taulukko 5.8. Ajoitusmallin ja Ahon (2014) kandidaatintyössä tutkitun toimistorakennuksen merkittävimmät eroavaisuudet

Ajoitusmallin toimistorakennus	Ahon kandidaatintyön toimistorakennus
2 krs + vajaa kellarikerros	8 krs
4980 brm ²	7619 brm ²
Runko osaelementtitekniikalla	Elementtirunko

Suurin eroavaisuus rakennusten välillä on kerrosmäärässä ja siten myös kerrostasoaloissa, mikä selittää maa- ja pohjarakennuksen sekä perustusten työmenekkien eroja. Bruttoalan ero voi vaikuttaa hieman työmenekkien osuuksiin kokonaistyömenekistä. Ajoitusmallin työmenekki on muutettu täyselementtirakenteiseksi, joten rungon tuotantotekniikan ero on huomioitu karkeasti.

5.2.2 Asuinkerrostalo

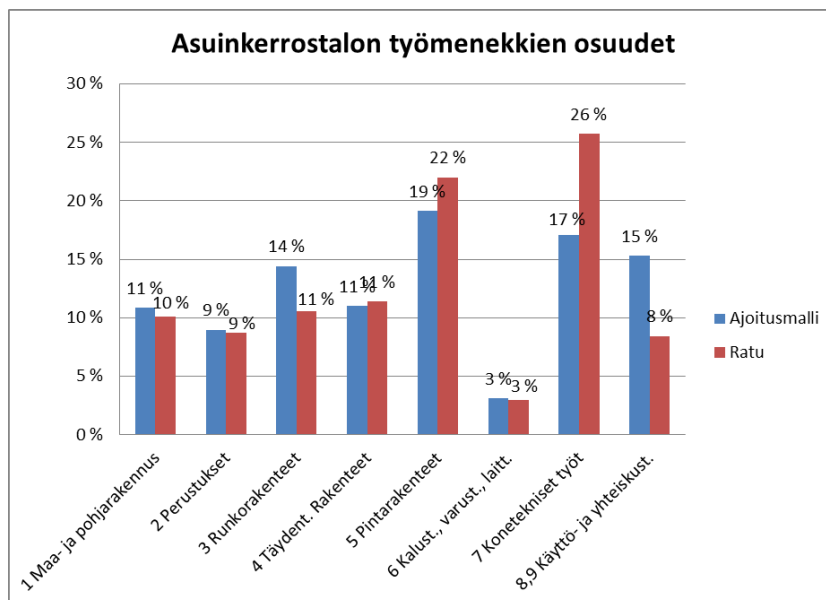
Taulukko 5.9 esittää asuinkerrostalon Talo 80 pääryhmien työmenekit ja kokonaistyömenekit ajoituskustannusmallin ja Ratu-kortin mukaan, niiden muutokset ja prosentuaaliset muutokset.

Taulukko 5.9. Asuinkerrostalon Talo 80 pääryhmien työmenekit ja kokonaistyömenekit sekä muutokset, yksikkö tth/brm²

Talo 80- pääryhmä	Ajoitusmalli	Ratu	Muutos [tth/brm ²]	Muutos
1 Maa- ja pohjarakennus	0,74	0,85	0,11	15 %
2 Perustukset	0,61	0,73	0,12	20 %
3 Runkorakenteet	0,98	0,89	-0,09	-9 %
4 Täydent. Rakenteet	0,75	0,96	0,21	28 %
5 Pintarakenteet	1,30	1,85	0,55	42 %
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,21	0,25	0,04	19 %
7 Konetekniset työt	1,16	2,16	1,00	86 %
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	1,04	0,71	-0,33	-32 %
Kokonaistyömen. 1-9 yht.	6,79	8,40	1,61	24 %

Kokonaistyömenekin muutos asuinkerrostalolle on +1,61 tth/brm² eli +24 %. Suurin suhteellinen muutos on havaittavissa koneteknisissä töissä, joiden työmenekki on kasvanut

86 %. Suuria muutoksia on myös pintarakenteiden (+42 %), täydentävien rakenteiden (+28 %), perustuksien (+20 %) sekä kalusteiden, varusteiden ja laitteiden (+19 %) työmenekissä. Runkorakenteet sekä käyttö- ja yhteiskustannukset ovat ainoat rakennusosakokonaisuudet, joiden työmenekit ovat pienentyneet (-9 % ja -32 %). Kuvassa 5.3 on esitetty asuinkerrostalon Talo 80 pääryhmien osuudet kokonaistyömenekistä.



Kuva 5.3. Talo 80 pääryhmien työmenekkien osuudet asuinkerrostalon kokonaistyömenekistä

Selvästi suurin muutos työmenekissä on koneteknisissä töissä, joiden työmenekin osuus on kasvanut 9 prosenttiyksikköä. Pintarakenteiden osuus on kasvanut 3 prosenttiyksikköä. Käyttö- ja yhteiskustannuksiin käytetty osuus kokonaistyömenekistä on pienentynyt 7 prosenttiyksikköä ja runkorakenteiden osuus 3 prosenttiyksikköä.

Ajoitusmallin ja asuinrakennushankkeen kokonaistyömenekki Ratu-kortin asuinkerrostalojen välillä on eroja, jotka vaikuttavat työmenekkien vertailtavuuteen. Merkittävimmät eroavaisuudet on esitetty taulukossa 5.10.

Taulukko 5.10. Ajoitusmallin ja kokonaistyömenekki Ratu-kortin asuinkerrostalon väliset eroavaisuudet

Ajoitusmallin asuinkerrostalo	Ratun asuinkerrostalo
3 krs, yläkerrokset vajaita	5 krs
3670 brm ²	4610 brm ²
43 asuntoa	59 asuntoa
1 h + k, 2h + k, 3h + k, 4h + k	1h + k, 2h + s + k, 3h + s + k, 4h + s + k
Ei hissejä	Hissit
Runko osaelementtitekniikalla	Elementtirunko

Suurin ero rakennusten välillä on kerrosmäärässä, mikä selittää hieman perustusten työmenekin osuuden muutosta kokonaistyömenekistä. Ajoitusmallin asuinkerrostaloissa ei ole asuntokohtaisia saunoja. Taloissa ei myöskään ole hissejä. Bruttoalan ero voi vaikuttaa hieman työmenekkien osuuksiin kokonaistyömenekistä. Ajoitusmallin työmenekki on muutettu täyselementtirakenteiseksi, joten rungon tuotantotekniikan ero on huomioitu karkeasti.

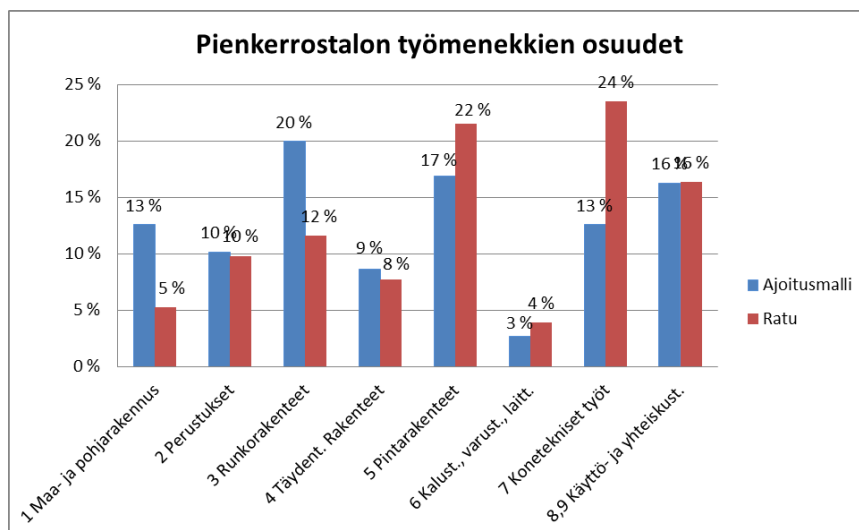
5.2.3 Pienkerrostalo

Taulukko 5.11 esittää pienkerrostalon Talo 80 pääryhmien työmenekit ja kokonaistyömenekit ajoitusmallin ja Ratu-kortin mukaan, niiden muutokset ja prosentuaaliset muutokset.

Taulukko 5.11. Pienkerrostalon Talo 80 pääryhmien työmenekit ja kokonaistyömenekit sekä muutokset, yksikkö tth/brm²

Talo 80- pääryhmä	Ajoitusmalli	Ratu	Muutos [tth/brm ²]	Muutos
1 Maa- ja pohjarakennus	1,16	0,51	-0,65	-56 %
2 Perustukset	0,94	0,95	0,01	1 %
3 Runkorakenteet	1,84	1,12	-0,72	-39 %
4 Täydent. Rakenteet	0,80	0,75	-0,05	-6 %
5 Pintarakenteet	1,56	2,08	0,52	33 %
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,25	0,38	0,13	52 %
7 Konetekniset työt	1,16	2,27	1,11	96 %
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	1,50	1,58	0,08	5 %
Kokonaistyömen. 1-9 yht.	9,21	9,64	0,43	5 %

Kokonaistyömenekin muutos pienkerrostalolle on +0,43 tth/brm² eli +5 %. Selvästi suurin suhteellinen muutos on havaittavissa koneteknisten töiden työmenekissä, joka on kasvanut 96 %. Merkittäviä muutoksia havaitaan myös maa- ja pohjarakennuksen (-56 %), runkorakenteiden (-39 %) sekä kalusteiden, varusteiden ja laitteiden (+52 %) työmenekeissä. Perustuksien ja täydentävien rakenteiden työmenekkien muutokset ovat pieniä. Kuvassa 5.4 on esitetty pienkerrostalon Talo 80 pääryhmien osuudet kokonaistyömenekistä.



Kuva 5.4. Talo 80 rakennusosakokonaisuuksien osuudet pienkerrostalon kokonaistyömenekistä

Suurimmat erot ovat maa- ja pohjarakennuksen, runkorakenteiden, koneteknisten töiden ja pintarakenteiden työmenekissä. Maa- ja pohjarakennuksen osuus pienkerrostalon kokonaistyömenekistä on pienentynyt 8 prosenttiyksikköä, kuten myös runkorakenteiden osuus 8 prosenttiyksikköä. Koneteknisten töiden osuus on kasvanut 11 prosenttiyksikköä ja pintarakenteiden osuus 5 prosenttiyksikköä.

Ajoitusmallin ja asuinrakennushankkeen kokonaistyömenekki Ratu-kortin pienkerrostalojen välillä on eroja, jotka vaikuttavat työmenekkien vertailtavuuteen. Merkittävimmät erot on esitetty taulukossa 5.12.

Taulukko 5.12. Ajoitusmallin ja kokonaistyömenekki Ratu-kortin pienkerrostalojen merkittävimmät eroavaisuudet

Ajoitusmallin pienkerrostalo	Ratun pienkerrostalo
2 krs	3 krs
950 brm ²	1830 brm ²
12 asuntoa	22 asuntoa
1 h + k, 2h + k, 3h + k	2h + s + k, 3h + s + k, 4h + s + k
Ei hissejä	Hissit
Runko osaelementtitekniikalla	Elementtirunko

Ajoitusmallin pienkerrostalossa on kaksi kerrosta ja Ratu-kortin pienkerrostalossa on kolme kerrosta. Kokonaistyömenekki Ratu-kortin pienkerrostalo on myös laajuudeltaan noin kaksi kertaa isompi, mikä voi vaikuttaa työmenekkien osuuksiin kokonaistyömenekistä. Ajoitusmallin pienkerrostaloissa ei ole asuntokohtaisia saunoja. Taloissa ei myöskään ole hissejä. Ajoitusmallin työmenekki on muutettu täyselementtirakenteiseksi, joten rungon tuotantotekniikan ero on huomioitu karkeasti.

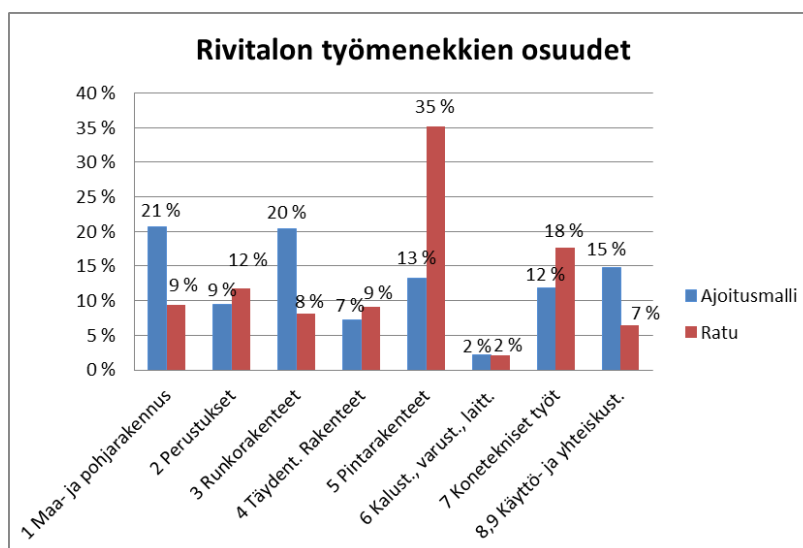
5.2.4 Rivitalo

Taulukko 5.13 esittää rivitalon Talo 80 pääryhmien työmenekit ja kokonaistyömenekit ajoitusmallin ja Ratu-kortin mukaan, niiden muutokset ja prosentuaaliset muutokset.

Taulukko 5.13. Rivitalokohteiden Talo 80 pääryhmien työmenekit ja kokonaistyömenekit sekä muutokset, yksikkö tth/brm²

Talo 80- pääryhmä	Ajoitusmalli	Ratu	Muutos [tth/brm ²]	Muutos
1 Maa- ja pohjarakennus	2,12	1,08	-1,04	-49 %
2 Perustukset	0,97	1,36	0,39	40 %
3 Runkorakenteet	2,09	0,94	-1,15	-55 %
4 Täydent. Rakenteet	0,74	1,05	0,31	42 %
5 Pintarakenteet	1,36	4,05	2,69	198 %
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,23	0,25	0,02	9 %
7 Konetekniset työt	1,21	2,04	0,83	69 %
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	1,52	0,75	-0,77	-51 %
Kokonaistyömen. 1-9 yht.	10,24	11,52	1,28	13 %

Kokonaistyömenekin muutos on +1,28 tth/brm² eli +13 %. Ylivoimaisesti suurin muutos on tapahtunut pintarakenteiden työmenekissä, jonka työmenekki on lähes kolminkertaistunut (198 %). Koneteknisten töiden työmenekki on kasvanut 69 %. Runkorakenteiden työmenekki on pienentynyt 55 %, maa- ja pohjarakennuksen 49 % ja käyttö- ja yhteiskustannusten 51 %. Kuvassa 5.5 on esitetty rivitalon Talo 80 pääryhmien osuudet kokonaistyömenekistä ja niiden muutokset.



Kuva 5.5. Talo 80 pääryhmien osuudet rivitalokohteiden kokonaistyömenekistä ja niiden muutokset

Isoimmat muutokset työmenekissä ovat pintarakenteissa, koneteknisissä, runkorakenteissa sekä maa- ja pohjarakennuksessa. Pintarakenteiden osuus kokonaistyömenekistä on kasvanut 22 prosenttiyksikköä ja koneteknisten töiden osuus 6 prosenttiyksikköä.

Runkorakenteiden ja maa- ja pohjarakennuksen osuudet ovat pienentyneet 12 prosenttiyksikköä.

Ajoitusmallin ja asuinrakennushankkeen kokonaistyömenekki Ratu-kortin rivitalojen välillä on eroja, jotka vaikuttavat menekkien vertailtavuuteen. Merkittävimmät erot on esitetty taulukossa 5.14.

Taulukko 5.14. Ajoitusmallin ja kokonaistyömenekki Ratu-kortin rivitalokohteiden merkittävimmät eroavaisuudet

Ajoitusmallin rivitalokohde	Ratun rivitalokohde
1 krs	2 krs
970 brm ²	2300 brm ²
13 asuntoa	19 asuntoa
1 h + k, 2h + k, 3h + k, 4h + k	3h + s + k, 4h + s + k, 5h + s + k
Runko puurakenteinen	Elementtirunko

Ajoitusmallin rivitalot ovat yksikerroksisia ja Ratu-kortin rivitalot ovat kaksikerroksisia. Kokonaistyömenekki Ratu-kortin rivitalokohde on myös laajuudeltaan yli kaksi kertaa isompi, mikä voi vaikuttaa työmenekkien osuuksiin kokonaistyömenekistä. Ajoitusmallin rivitaloissa ei ole asuntokohtaisia saunoja. Ajoitusmallin runkorakenteiden työmenekki on muutettu karkeasti vastaamaan täyselementtirakentamisen työmenekkiä. Ero on kuitenkin muutoksenkin jälkeen huomattava. Osittain syynä voi olla se, että ajoitusmallin tapa huomioida tuotantotekniikan muutos ei huomioi runkomateriaalin muutosta.

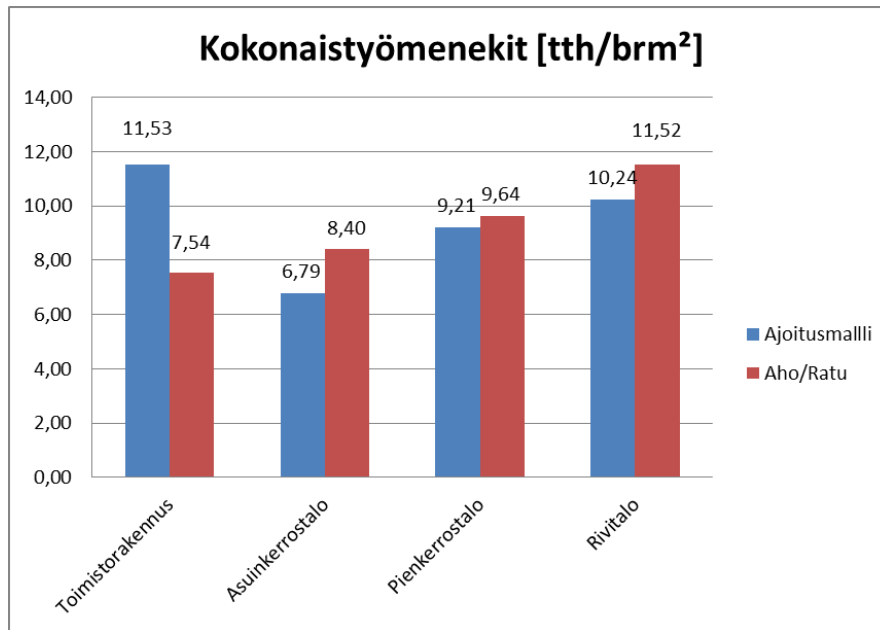
5.3 Yhteenveto vertailusta

Monet muutokset muun muassa rakennustyypeissä ovat aiheuttaneet muutoksia kokonaistyömenekkeihin. Muutokset on esitetty taulukossa 5.15.

Taulukko 5.15. Yhteenveto kokonaistyömenekkeistä ja niiden muutoksista eri rakennustyypeille

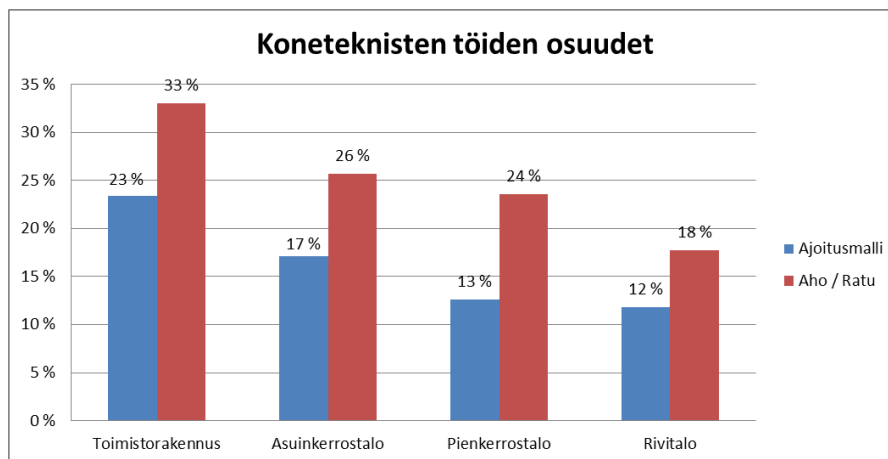
Rakennustyyppi	Ajoitusmalli	Ratu	Muutos [tth/brm ²]	Muutos
Toimistorakennus	11,53	7,54	-3,99	-35 %
Asuinkerrostalo	6,79	8,40	1,61	24 %
Pienkerrostalo	9,21	9,64	0,43	5 %
Rivitalo	10,24	11,52	1,28	13 %

Tarkasteltavista rakennustyypeistä ainoastaan toimistorakennuksen kokonaistyömenekki on pienentynyt (35 %). Kaikkien asuinrakennustyyppien kokonaistyömenekit ovat kasvaneet. Kokonaistyömenekit on esitetty kuvassa 5.6.



Kuva 5.6. Kokonaistyömenekkien kehitys

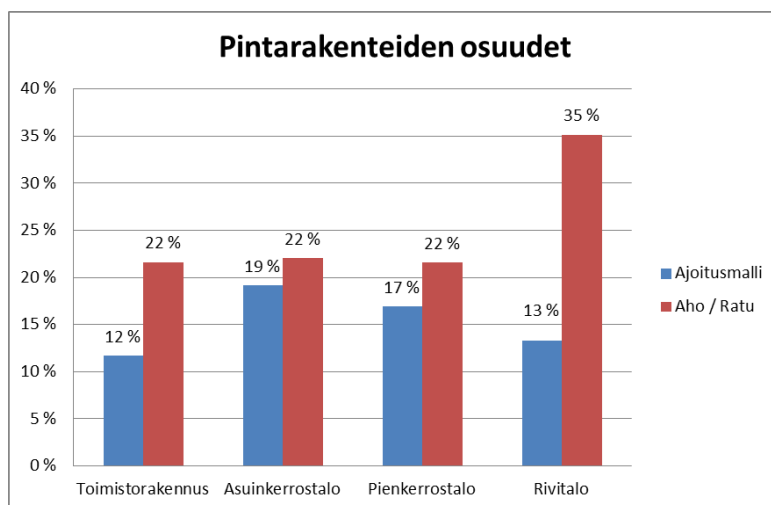
Työmenekkien osuuksien muutokset kokonaistyömenekeistä vaihtelevat rakennustyypeittäin. Selkeimmät muutokset ovat havaittavissa koneteknisten töiden, pintarakenteiden, runkorakenteiden, maa- ja pohjarakenteiden osuuksissa. Kaikilla rakennustyypeillä koneteknisten töiden osuus kokonaistyömenekistä on kasvanut huomattavasti. Koneteknisten töiden osuudet kokonaistyömenekistä tarkasteltaville rakennustyypeille on esitetty kuvassa 5.7.



Kuva 5.7. Koneteknisten töiden osuudet kokonaistyömenekistä eri rakennustyypeille

Koneteknisten töiden osuus kokonaistyömenekistä on kasvanut huomattavasti tarkasteltavilla rakennustyypeillä. Osuus toimistorakennuksilla on kasvanut 10 prosenttiyksikköä, asuinkerrostaloilla 9 prosenttiyksikköä, pienkerrostaloilla 11 prosenttiyksikköä ja rivitaloilla 6 prosenttiyksikköä.

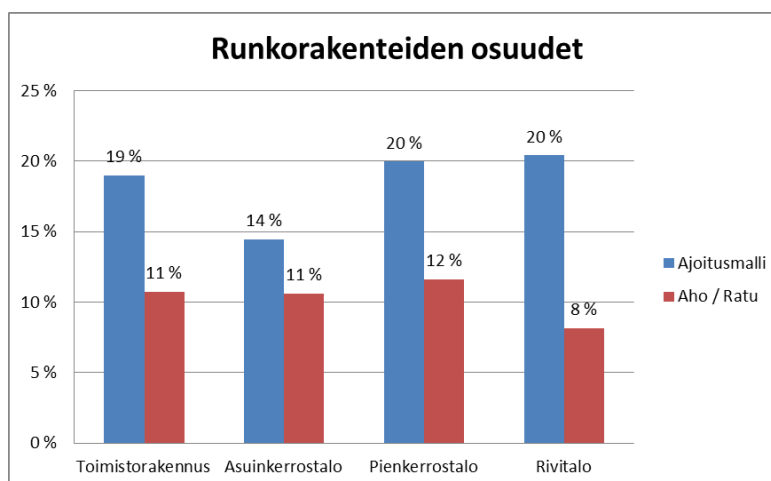
Myös pintarakenteiden työmenekkien osuudet kokonaistyömenekistä ovat kasvaneet kaikilla tarkasteltavilla rakennustyypeillä. Pintarakenteiden osuudet kokonaistyömenekistä eri rakennustyypeille on esitetty kuvassa 5.8.



Kuva 5.8. *Pintarakenteiden osuudet kokonaistyömenekistä eri rakennustyypeille*

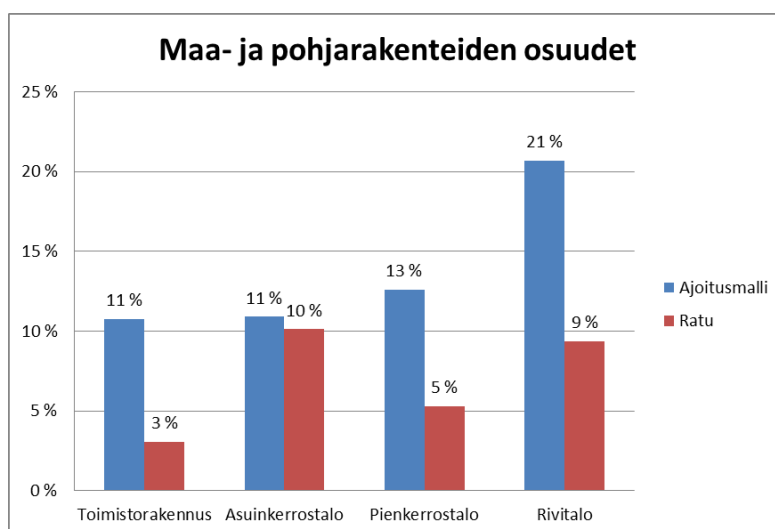
Suurin muutos on tapahtunut rivitaloilla, joilla pintarakenteiden osuus kokonaistyömenekistä on kasvanut 22 prosenttiyksikköä ja se on nykyään 35 %. Toimistorakennuksilla osuus on kasvanut 10 prosenttiyksikköä, asuinkerrostaloilla 3 prosenttiyksikköä ja pienkerrostaloilla 5 prosenttiyksikköä.

Runkorakenteet sekä maa- ja pohjarakenteet ovat ainoat Talo 80:n rakennusosakokonaisuudet, joiden työmenekit ovat pienentyneet kaikilla tarkasteltavilla rakennustyypeillä. Runkorakenteiden työmenekkien osuudet kokonaistyömenekistä eri rakennustyypeille on esitetty kuvassa 5.9.



Kuva 5.9. *Runkorakenteiden osuudet kokonaistyömenekistä eri rakennustyypeille*

Ajoitusmallin aikaiset rakennukset on toteutettu osaelementtitekniikalla ja Ratu-lähteiden rakennukset täyselementtitekniikalla. Ajoitusmallin arvot on kuitenkin muutettu karkeasti täyselementtitekniikkaa vastaaviksi ajoitusmallin ohjeen mukaisesti. Pienin muutos on tapahtunut asuinkerrostaloilla, joilla runkorakenteiden työmenekin osuus on pienentynyt 3 prosenttiyksikköä. Toimistorakennuksilla ja pienkerrostaloilla runkorakenteiden osuus kokonaistyömenekistä on pienentynyt 8 prosenttiyksikköä. Rivitalon runkorakenteiden osuus kokonaistyömenekistä on pienentynyt kaikkein eniten, 12 prosenttiyksikköä. Mitä selittää se, että ajoitusmallin rivitalo oli puurunkoinen ja Ratu-lähteen rivitalo oli betonielementtirakenteinen. Maa- ja pohjarakenteiden osuudet rakennustyyppien kokonaistyömenekistä on esitetty kuvassa 5.10.



Kuva 5.10. Maa- ja pohjarakenteiden osuudet kokonaistyömenekistä eri rakennustyypeille

Suuret muutokset osuuksissa ovat tapahtuneet toimistorakennuksilla (-9 prosenttiyksikköä), pienkerrostaloilla (-8 prosenttiyksikköä) ja rivitaloilla (-12 prosenttiyksikköä). Asuinkerrostaloilla muutosta ei ole juuri tapahtunut (-1 prosenttiyksikkö).

5.4 Tuotantotekniikoiden vertailu

Betonielementtirakentamisen ja paikallarakentamisen välisiä työmenekkieroja vertailtiin Rakennuksien kustannuksia 2015 –kirjan pinta-alaperusteisten työmenekkien ja vertailutason rakennuksien määräluetteloiden avulla. Taulukossa 5.16 on esitetty ROK 2015- kirjan mukaiset työmenekit valituille rakennusosille.

Taulukko 5.16. Elementtirakentamisen ja paikallarakentamisen työmenekkien vertailu

Rakennusosa	Talo 80 ryhmä	Elementti [tth/m ²]	Paikallavalu [tth/m ²]	Ero [tth/m ²]	%-kasvu
VS	32	0,23	0,91	0,68	396 %
VP/YP	33	0,09	0,90	0,81	1000 %
US	35	0,30	1,17	0,87	390 %

Kantavat betoniväliseinät olivat 180 mm paksuja elementti- ja paikallavalun työmenekissä. Väli- ja yläpohjien vertailuelementtinä oli 265 mm paksu ontelolaatta ja paikallavalun vertailurakenteena 240 mm paksu betonilaatta. Ulkoseinien vertailuelementtinä oli sandwich-elementti ja paikallavalun vertailurakenne sisälsi paikallavaletun betoniseinän sekä kuorielementin. Toimistorakennuksien rungoissa käytetyille pilareille ja palkeille ei vastaavanlaisia työmenekkejä löytynyt, joten niiden työmenekkien ero jouduttiin arvioimaan. Paikallavaletuille pilareille ja palkeille käytettiin nelinkertaisia työmenekkejä niiden elementtiarvoihin nähden, mikä vastaa seinien työmenekkien suhteellista eroa.

Taulukossa 5.17 on esitetty taulukon 5.16 arvojen, aikataulukirjan työmenekkien ja vertailutason määräluetteloiden perusteella lasketut runkorakenteiden työmenekit ja kokonaistyömenekit sekä niiden prosentuaaliset kasvut täyselementtitekniikkaan (TE) nähden. OE on osaelementtitekniikka, jossa vain väliseinät ovat paikallarakennettuja ja PR on paikallarakennustekniikka, jossa kaikki runkorakenteet ovat paikallavalurakenteita.

Taulukko 5.17. Eri tuotantotekniikoiden työmenekit, kasvuprosentit ovat täyselementtitekniikkaan nähden. TE on täyselementtitekniikka, OE osaelementtitekniikka ja PR paikallarakennustekniikka

Toimistorakennus, laajuus: 7619 brm2, 31960 rm3

	TE	OE	PR
Runkorak. [tth]	6162	6901	18320
Runkorak. [tth/brm2]	0,81	0,91	2,40
Runkorak. [tth/rm3]	0,19	0,22	0,57
Runkorak. työmenek. kasvu [%]		12 %	197 %
Kokonaistyöpanos [tth]	57447	58186	69605
tth/brm2	7,54	7,64	9,14
tth/rm3	1,79	1,82	2,18
Kok. työmenek. kasvu [%]		1 %	21 %

Asuinkerrostalo, laajuus: 4612 brm2, 14856 rm3

	TE	OE	PR
Runkorak. [tth]	4123	5288	10351
Runkorak. [tth/brm2]	0,89	1,15	2,24
Runkorak. [tth/rm3]	0,28	0,36	0,70
Runkorak. työmenek. kasvu [%]		28 %	151 %
Kokonaistyöpanos [tth]	38399	39564	44626
tth/brm2	8,33	8,58	9,68
tth/rm3	2,58	2,66	3,00
Kok. työmenek. kasvu [%]		3 %	16 %

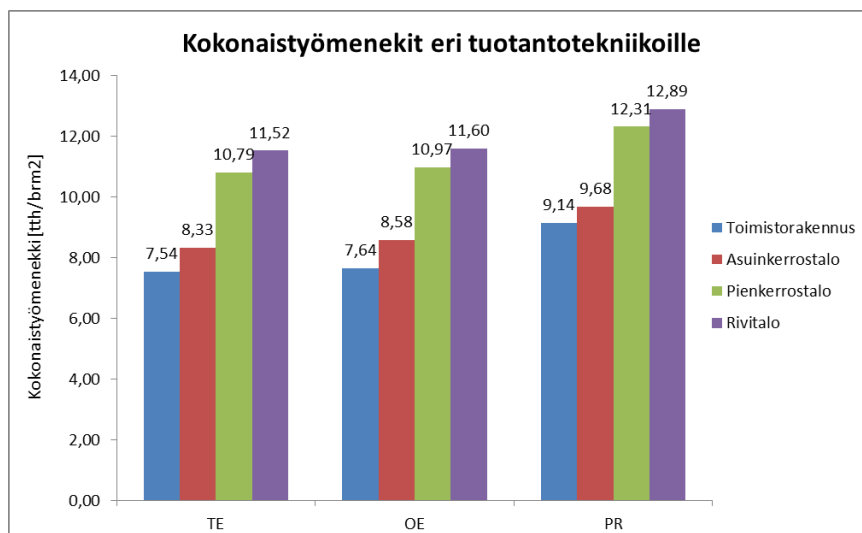
Pienkerrostalo, laajuus: 1833 brm2, 6010 rm3

	TE	OE	PR
Runkorak. [tth]	2068	2388	4845
Runkorak. [tth/brm2]	1,13	1,30	2,64
Runkorak. [tth/rm3]	0,34	0,40	0,81
Runkorak. työmenek. kasvu [%]		15 %	134 %
Kokonaistyöpanos [tth]	19786	20106	22564
tth/brm2	10,79	10,97	12,31
tth/rm3	3,29	3,35	3,75
Kok. työmenek. kasvu [%]		2 %	14 %

Rivitalo, laajuus: 2247 brm2, 7150 rm3

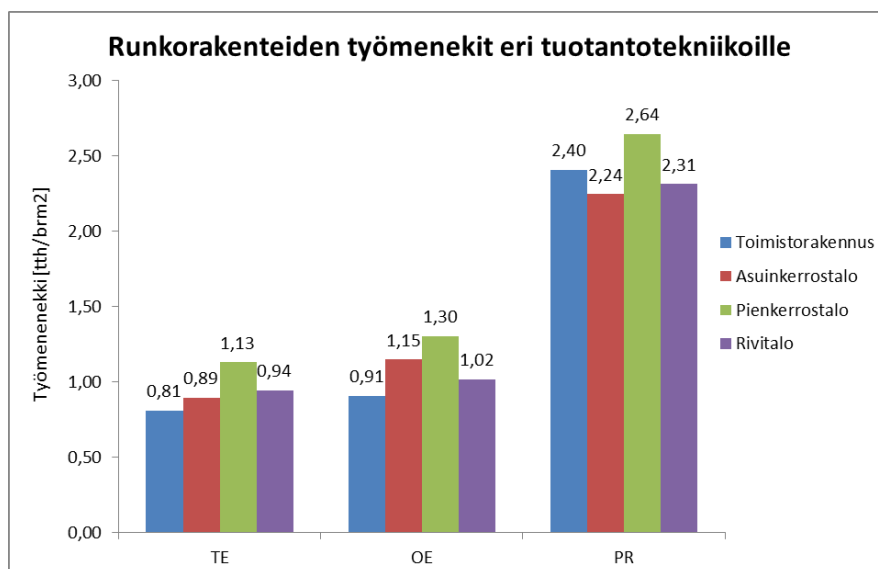
	TE	OE	PR
Runkorak. [tth]	2114	2285	5193
Runkorak. [tth/brm2]	0,94	1,02	2,31
Runkorak. [tth/rm3]	0,30	0,32	0,73
Runkorak. työmenek. kasvu [%]		8 %	146 %
Kokonaistyöpanos [tth]	25885	26056	28965
tth/brm2	11,52	11,60	12,89
tth/rm3	3,62	3,64	4,05
Kok. työmenek. kasvu [%]		1 %	12 %

Asuinrakennusten kuorielementtien ja sokkelielementtien paikallarakentamisen työmenekkeinä käytettiin ulkoseinien työmenekkejä. Kuvassa 5.11 on esitetty kokonaistyömenekit eri tuotantotekniikoille.



Kuva 5.11. Kokonaistyömenekit eri tuotantotekniikoille [tth/brm²]

Kokonaistyömenekki kasvaa tarkasteltavilla rakennustyypeillä 1 – 3 % siirryttäessä täyselementtitekniikasta osaelementtitekniikkaan ja 12 - 21 % siirryttäessä täyselementtitekniikasta paikallarakentamiseen. Kokonaistyömenekin suhteellinen muutos on suurin toimistorakennuksilla ja pienin rivitaloilla. Tuotantotekniikan vaikutusta käyttö- ja yhteiskustannusten pääryhmän työmenekkiin ei ole näissä kokonaistyömenekin arvoissa huomioitu. Kuvassa 5.12 on esitetty runkorakenteiden pääryhmän työmenekit eri tuotantotekniikoille.



Kuva 5.12. Runkorakenteiden työmenekit eri tuotantotekniikoille [tth/brm²]

Runkorakenteiden työmenekki kasvaa tarkasteltavilla rakennustyypeillä 8 – 28 % siirryttäessä täyselementtitekniikasta osaelementtitekniikkaan ja 134 – 197 % siirryttäessä täyselementtitekniikasta paikallarakentamiseen. Suurimmat suhteelliset muutokset ovat toimistorakennuksilla ja asuinkerrostaloilla.

6. EMPIIRISEN TUTKIMUSOSION TULOKSET

Tässä luvussa esitetään tutkimuksen empiirisen tutkimusosion tulokset. Empiirisinä tutkimusmenetelminä käytettiin kyselytutkimusta, työpajatyöskentelyä ja kontrolloituna koena toteutettua käytettävyydestä.

6.1 Kyselytutkimus

Kyselytutkimuksessa Excel-pohjainen kyselylomake lähetettiin 10 rakennusyrityksen edustajalle ja vastauksia saatiin viiden suuren rakennusyrityksen työntekijöiltä, jotka toimivat erilaisissa tehtävissä urakoitsijapuolella. Vastaukset saatiin yhdeltä yksikönjohtajalta, kolmelta työpäälliköltä, kahdelta tuotantoinsinööriltä ja yhdeltä vastaavalta työnohtajalta.

Kyselytutkimuksella selvitettiin aikataulusuunnittelun käytäntöjä hankkeen alkuvaiheessa (kysymykset 3–7), työntekijätuntien jakautumista rakennusvaiheille (kysymykset 8–10) ja rakentamisen aikajaon muuttumisen syitä (kysymykset 11–13). Kyselypohja on esitetty liitteessä A. Kyselytutkimuksen tulokset esitetään alla kysymyskohtaisesti.

Kysymys 3. Miten arvioitte hankkeen rakennusajan hankkeen alkuvaiheessa ennen määrälaskentaan perustuvaa aikataulusuunnittelua?

Vastausten perustella yleisin rakennusajan arviointitapa perustui aikataulusuunnittelijan omaan kokemukseen ja aikaisempiin vastaaviin kohteisiin. Kestoja arvioitiin aiempien hankkeiden kokemusten perusteella, kohteen pohjarakennus, rakentamisen vuodenajan vaikutukset ja viranomaiskäytännöt huomioiden.

Vastausten mukaan alustava yleisaikataulu voidaan laatia myös karkeaan määräarvioon ja alustavaan lohkojakoon perustuen käymällä läpi karkeajakoisesti työt ja niiden toteutustavat. Yksi vastaajista sanoi käyttävänsä hankkeen rakennusajan alustavassa määrittelyssä hankkeen kokonaiskestokaavaa.

”Arvioinnissa olennaista on mitä, missä ja milloin rakennetaan.” (Työpäällikkö 1)

”Yleisaikataulun laadin aiempien kohteiden toteutumien mukaan. Asuinkerrostalossa runko- ja sisävaiheet etenevät noin viikon per kerros pistetalossa. Maanrakennus, perustukset, julkisivu ja pihatyöt arvioin kohdekohtaisesti.” (Tuotantoinsinööri 1)

Kysymys 4. Miten arvioitte rakennusvaiheiden kestot (rakennuksen maa- ja pohja rakennus, perustusvaihe, runkovaihe, sisävaihe, alueen maa- ja pohjarakennus) hankkeen alkuvaiheessa?

Vastausten perusteella rakennusvaiheiden kestojen arviointitapa alkuvaiheessa rakennushanketta perustuu kokemukseen ja vastaaviin toteutuneisiin projekteihin. Kestojen arvioinnissa hyödynnetään kohteen laajuustietoja ja karkeita määrätietoja. Lisäksi huomioidaan rakentamisen suhdanteet ja käytettävissä olevat resurssit.

”Maa- ja pohjarakennus riippuu kohteesta (maaperä, perustamistaso, perustamistapa ja niin edelleen). Perustusvaiheen kesto riippuu muottimääristä ja olosuhteista (arvioidaan suurmittaisesti aiempiin kokemuksiin peilaten). Runkovaiheen kesto riippuu kivimäärästä ja kohteen runkotyypistä. Lähtökohtana pistetalossa runkovaihe etenee 1 viikko/kerros (alin kerros pitempään), lamellitaloissa tarkastellaan kohdekohtaisesti. Sisävaiheen kesto 1 viikko/kerros työvaiheittain. Alueen maa- ja pohjarakennus on riippuvainen tontin muodosta/vuodenajoista ja niin edelleen.” (Tuotantoinsinööri 1)

”Karkeasti maatyöt 1-2 kk, perustukset 1 kk, runko 1 viikko/kerros, sisävaiheen työvaiheet 1 viikko/kerros.” (Työpäällikkö 2)

”Oman määräarvioinnin ja käytössä olevien suunnittelutietojen perusteella. Esimerkiksi jos käytössä on pohjatutkimus, perustamiskorko ja asemakuva, pystyy maanrakennuksen kokonaisajan arvioimaan kuukauden tarkkuudella.” (Tuotantoinsinööri 2)

Kysymys 5. Miten arvioitte rakennusvaiheiden alustavat limitykset hankkeen alkuvaiheessa?

Vastausten mukaan rakennusvaiheiden alustavien limitysten arviointi perustuu kokemukseen ja aikaisempiin vastaaviin hankkeisiin. Hankkeen erityispiirteiden huomiointi on tärkeää.

”Alustava lohkojako huomioiden. Jo hankkeen alussa mietitään toteutusta osakohteiden ja työjärjestyksen kautta.” (Tuotantoinsinööri 2)

”Pelivaroja väleihin, rungossa vesikaton tekoon jätetään puskuria vuodenajasta riippuen, työvaiheiden välissä 2-3 kerrosta puskuria.” (Tuotantoinsinööri 1)

”Ensin näppituntumalta, määrien valmistuttua lohkoittain ja kerroksittain paikka-aikaavion avulla suunnitellen.” (Työpäällikkö 3)

Kysymys 6. Miten arvioitte eri runkovaihtojen (täyslementtitekniikka, osaelementtitekniikka, paikallarakennustekniikka) vaikutukset hankkeen rakennusaikaan ja runkovaiheen kestoon?

Vastausten perusteella runkovaihtoehtojen vaikutukset kestoihin arvioidaan aluksi aikaisempien kokemusten perusteella ja määrien valmistuttua Ratun työmenekkien tai yrityksen omien työmenekkien perusteella. Määrien lisäksi on huomioitava rakennuspaikka, rakentamisajankohta (kesä/talvi), materiaalien saatavuus ja käytettävissä olevat resurssit.

”Riippuu asennustekniikan osaamisesta ja kokemuksesta. Lähtökohtaisesti kaikilla pistetalo tuotantotekniikoilla voi onnistua 1 krs/viikko, mutta huonosti johdettuna 2 viikkoa/kerros mahdollista. Täyslementtitekniikka on lähtökohtaisesti mielestäni 1,5-kertaa nopeampi.” (Tuotantoinsinööri 1)

”Elementtirakentamisessa aika perustuu arvioituun asennustehoon kpl/tv (riippuu vuodenajasta). Paikallavalut vaativat tarkempaa mietintää ja määrien jakoa lohkoihin/valualueisiin sekä muottikaluston järkevään kiertoon.” (Yksikönjohtaja)

Kysymys 7. Miten arvioitte vuodenajan vaikutukset hankkeen rakennusaikaan ja rakennusvaiheiden kestoihin?

Vastausten mukaan vuodenajan ajoituksella on suuri merkitys kestoihin. Talviperustukset ja –runko huomioidaan työtehoissa ja aikatauluun lisätään väljyyttä jos rakennetaan esimerkiksi runkoa talvella.

”Talvirunko hidastaa joulumaaliskuun aikana 0,5 päivää/viikko. Pihatyöt ja julkisivut on sovittava vuodenaikojen mukaan aikatauluun.” (Tuotantoinsinööri 1)

”Häiriövaroja lisätään sen mukaan mikä vuodenaika osuu esimerkiksi runkotöihin tai kuivumista vaativiin rakenteisiin.” (Tuotantoinsinööri 2)

”Pakkaspäivät yleisaikatauluun joululoman yhteyteen. Kuivumisaikalaskelman kuivuminen käynnistyy vasta kun vaippa ummessa ja lämmitys päällä.” (Työpäällikkö 2)

Kysymys 8. Miten talotekniikan työntekijätunnit kertyvät hankkeen ja eri rakennusvaiheiden aikana?

Vastausten perusteella talotekniset työt teetätetään tyypillisesti aliurakkana ja aikatauluus tehdään rinnakkain rakennusteknisen työn kanssa sekä perustetaan aliurakoitsijoiden arvioihin omista työtehoistaan. Talotekniikan työntekijätuntien kertymisestä ei tyypillisesti ole tarkkaa tietoa. Yhden vastaajan mukaan yrityksen oman seurannan kautta löytyvät talotekniikan työntekijätunnit.

”Tämä riippuu todella paljon hankkeen muodosta ja käytettävistä toteutusratkaisuista. Esimerkiksi asuntokohteissa käytettäessä märkätilaelementtejä tuntikertymä on eri kuin paikalla tehtäessä.” (Tuotantoinsinööri 2)

”Riippuu hankkeesta ja suunnitelmista. Onko keskitetty ilmanvaihto, onko hormielementit ja niin edelleen. Runkovaiheessa on vähemmän töitä. Työmäärä on suurimmillaan, kun ensimmäinen vesikatto valmistumaisillaan ja vauhti hidastuu vasta kalustuksen aikaan. Toimitilahankkeissa on kiirettä sähkötöiden kanssa toimintakokeisiin asti. Hankkeet erilaisia ja suunnitelmat vaikuttavat paljon työn toteutukseen.” (Tuotantoinsinööri 1)

”Näitä ei seurata, yleensä alkuvaiheessa tate-asentajia liian vähän ja lopussa rynnätään kaikki sen takia.” (Työpäällikkö 3)

”Talotekniset työt teetätetään alihankintana, tarkkaa tietoa ei ole. Arvio: runko 30 %, sisävaihe 50 %, luovutus 20 %.” (Työpäällikkö 2)

Kysymys 9. Miten käyttö- ja yhteiskustannusten työntekijätunnit kertyvät hankkeen ja eri rakennusvaiheiden aikana?

Vastausten perusteella käyttö- ja yhteiskustannusten työntekijätuntien kertymistä eri rakennusvaiheille ei tyypillisesti seurata. Kustannukset jaetaan litterakohtaisen taulukon avulla.

”Työmaarakennukset alussa, runkovaiheessa työturvallisuus alkaa teettää enemmän töitä, talvella lisätyöt aiheuttavat kustannuksia, lopussa tukikohdan purku.” (Tuotantoinsinööri 1)

”Perustus 10 %, runko 30 %, sisävaihe 50 %, luovutusvaihe 10 %.” (Työpäällikkö 2)

”Emme ole suoraan laskeneet, mutta tuntikertymä on melko suoraan verrannollinen kustannuskertymään: alussa pieni piikki, jonka jälkeen kertymä melko tasaista ja maltillista ennen vesikattotöiden aloitusta.” (Tuotantoinsinööri 2)

”Ei seurata, pieni piikki lienee alkuvaiheessa (työmaan perustaminen) ja iso piikki loppuvaiheessa (siivous ja raivaus), muuten kertyvät tasaisesti.” (Työpäällikkö 3)

Kysymys 10. Mitä mieltä olette alla olevasta Talo 80 –pääryhmien työntekijätuntien jaottelusta eri rakennusvaiheille (taulukko 6.1.)? Miten muuttaisit? Miten jakaisit käyttö- ja yhteiskustannusten työntekijätunnit eri rakennusvaiheille?

Taulukko 6.1. Työntekijätuntien jaottelu rakennusvaiheille

Rakennusvaihe	Sisältää	Ei sisälly
Rakennuksen maa- ja pohjarakennus	1 Maa- ja pohjarakennus	17 Rakennusalueen rakenteet 18 Ulkovarusteet
Perustus	2 Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet 7 Konetekniset työt (5 %)	28 Ulkopuoliset rakenteet
Runko	28 Ulkopuoliset rakenteet 3 Runko- ja vesikattorakenteet 7 Konetekniset työt (10 %)	
Sisävalmistus	4 Täydentävät rakenteet 5 Pintarakenteet 6 Kalusteet, varusteet, laitteet 7 Konetekniset työt (85 %)	
Alueen maa- ja pohjarakennus	17 Rakennusalueen rakenteet 18 Ulkovarusteet	

Vastaajat pitivät taulukon 6.1 jakoa karkealla tasolla riittävänä. Toisaalta käyttö- ja yhteiskustannusten työtunnit olisi hyvä jakaa eri rakennusvaiheille. Koneteknisten töiden osalta ehdotettiin, että runkovaiheessa koneteknisiä töitä voisi painottaa enemmän.

”Karkealla tasolla jako ok, mutta käytännössä ei niin yksiselitteinen. 28 ulkopuoliset rakenteet on vaikea sijoittaa mihinkään pääryhmään, rakenteissa niin paljon erityyppisiä rakenteita, joista osa saatetaan tehdä esimerkiksi samassa urakassa varsinaisen rakennuksen töiden kanssa. 37 vesikaton runko ja 51 vesikaton pintarakenteissa ei ole aina selvää rajapintaa ja työtunnit voivat sekoittua. 48 hormien (etenkin elementtihormien työtunnit) menevät käytännössä 3 Runkotöihin. 8,9 -tuntien ja 7-tuntien jakautuminen riippuu paljon rakennuksesta, sijainnista/tontista sekä suunnitteluratkaisuista.” (Tuotantoinsinööri 2)

”Alueen maa- ja pohjarakennuksen nimen voisi vaihtaa aluerakentamiseksi. Ulkopuoliset rakenteet (28) ja pintarakenteiden julkisivutyöt voisi sijoittaa tällöin osaksi aluerakentamisen kokonaisuutta.” (Työpäällikkö 2)

Kysymys 11. Mitkä ovat mahdollisia syitä taulukossa 6.2 esitetyille kokonaistyömenekien muutoksille rakentamisessa viimeisen 20 vuoden aikana?

Taulukko 6.2. Rakennustyyppien kokonaistyömenekit 1989 & 2007 ja muutokset. Kokonaistyömenekit eivät sisällä autohalleja

Rakennustyyppi	Kokonaistyömenekki 1989 [tth/brm ²]	Kokonaistyömenekki 2007 [tth/brm ²]	Muutos [tth/brm ²]	Muutos
Toimistorakennus	11,5	7,5	-4,0	-35 %
Asuinkerrostalo	6,8	8,4	1,6	24 %
Pienkerrostalo	9,2	9,6	0,4	5 %
Rivitalo	10,2	11,5	1,3	13 %

Vastaajien mukaan toimistorakennuksen kokonaistyömenekin pienentymisen syitä ovat toimistorakennuksien hankekokojen kasvu, tehokkaammat runkoratkaisut, elementtitekniiikan kehittyminen, esivalmistettujen osien käytön lisääntyminen ja toimistotilojen muuttuminen avotiloiksi.

”Esivalmistettujen osien käyttö on lisääntynyt muun muassa muuntojoustavuuden myötä, mikä on vähentänyt työmaalla tehtävän työn määrää. Työtehokin lienee kasvanut erikoistumisen myötä.” (Työpäällikkö 3)

”Toimistorakennuksissa on aikaisemmin tehty enemmän sisävaihetöitä (huoneiden rakentaminen). Nykyään toimistot tehdään usein avotilaksi, joissa usein vain muutama neuvottelutila.” (Tuotantoinisinööri 2)

Vastaajien mukaan asuntorakentamisen kokonaistyömenekkien kasvun syitä ovat asuntorakentamisen kasvanut vaatimustaso, arkkitehtuurin monipuolistuminen, kasvanut tekniikan määrä, kuivumisajat, työturvallisuusvaatimukset ja tiukentuneiden määräysten aiheuttamat lisätyöt. Mahdolliseksi syyksi esitettiin myös ulkomaalaisen työvoiman määrän kasvu ja osaavien ammattimiehien väheneminen.

”Asuntorakentamisessa kohteet ovat muuttuneet paljon haastavammiksi ja monimuotoisemmiksi jolloin niin sanottu monistaminen ei toimi.” (Yksikönjohtaja)

”Asunnoissa kuivumisajat ja talotekniikan osuuden kasvu sekä tiukentuneiden määräysten aiheuttamat lisätyöt (eristykset, palo-osastoinnit ja niin edelleen).” (Työpäällikkö 2)

”Asuntorakentamisessa kuluttajien (ja pk-seudulla kaavoittajien) vaatimustaso on kasvanut huomattavasti. Rakennukset ovat huomattavasti monimuotoisempia (muun muassa lasitetut parvekkeet ja terassit), pintamateriaalit paljon kalliimpia ja eri asunnoissa erilaisia.” (Työpäällikkö 3)

”Yksi todennäköinen tekijä on työturvallisuusasioiden parempi hoitaminen. Myös edullisempi ulkomainen työvoima voi vaikuttaa. Osaavia rakennusammattimiehiä on todennäköisesti vähemmän nykypäivänä. Asuinkerrostalot pitävät todennäköisesti sisällään nykyään myös enemmän tekniikkaa ja laatu on viimeistellympää kuin ennen.” (Tuotantoinisinööri 1)

Kysymys 12. Mitkä ovat syyt rakentamisen aikajaon muuttumiselle viimeisen 20 vuoden aikana?

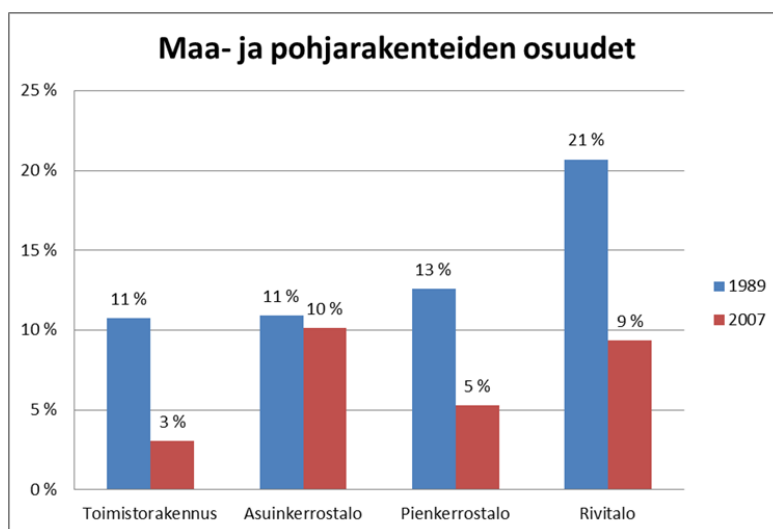
Vastaajat esittivät aikajaon muuttumisen syiksi muun muassa talotekniikan määrän kasvua ja monimuotoistumista, elementtitekniikkaa, autohalleja, suurien aluekehityshankkeiden vähenemistä sekä kosteudenhallinnan, laadun ja työturvallisuuden kasvanutta huomiointia. Talotekniikan määrän kasvun vuoksi taloteknisille töille ja luovutusvaiheelle on heidän mukaan varattava nykypäivänä enemmän aikaa.

”Ulkomaalaiset työntekijät, aliurakointi, ei enää aluerakentamista, autohallit, ahdas rakennuspaikka, työnjohdon nuorentuminen, toteutuskelpoisten ja kustannustehokkaiden suunnitelmien puuttuminen ajallisesti.” (Työpäällikkö 1)

”Elementtitekniikka, talotekniikan kehitys, maatöissä hankekokojen kasvu ja koneiden käytön tehostuminen.” (Työpäällikkö 2)

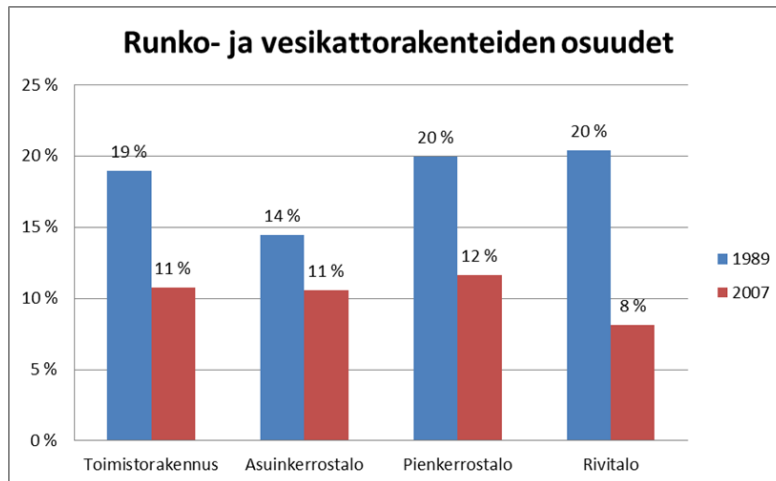
”Kosteudenhallintaan ja yleensäkin laatuun sekä työturvallisuuteen kiinnitetään erilailla huomiota nykyään.” (Yksikönjohtaja)

Kysymys 13. Alla olevissa kaavioissa (kuvat 6.1, 6.2, 6.3 ja 6.4) esitetään tutkimuksessa havaitut merkittävimmät muutokset Talo 80 –pääryhmien osuuksille koko hankkeiden työmenekistä. Mitkä ovat syyt osuuksien muutoksille?



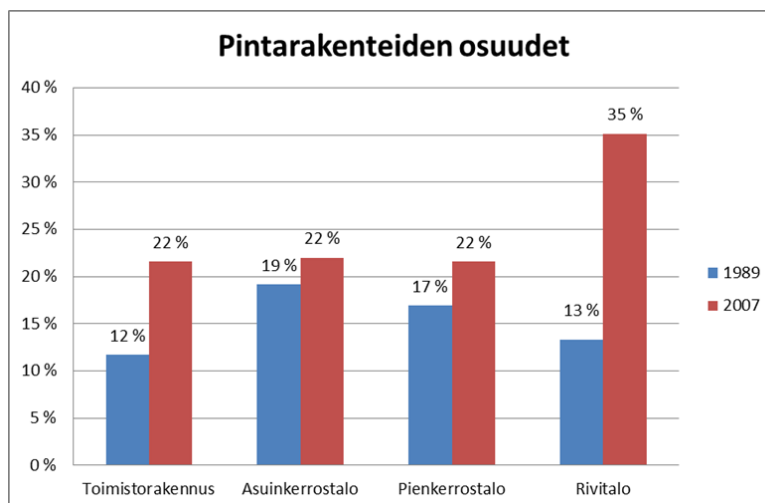
Kuva 6.1. Maa- ja pohjarakenteiden osuudet kokonaistyömenekistä

Vastaajien mukaan toimistorakennuksen maa- ja pohjarakentamisen työmenekin osuuden pientyminen johtuu siitä, että nykyisin rakennettavat toimistorakennukset ovat tyypillisesti korkeampia kuin aikaisemmin. Asuntorakentamisessa kutistumisen syynä voi olla muun rakentamisen muuttuminen monimutkaisemmaksi, vaikka maa- ja pohjarakennuksessa itsessään ei ole tapahtunut muutoksia. Toisaalta maanrakennuskoneetkin ovat todennäköisesti aiempaa tehokkaampia.



Kuva 6.2. Runko- ja vesikattorakenteiden osuudet kokonaistyömenekistä

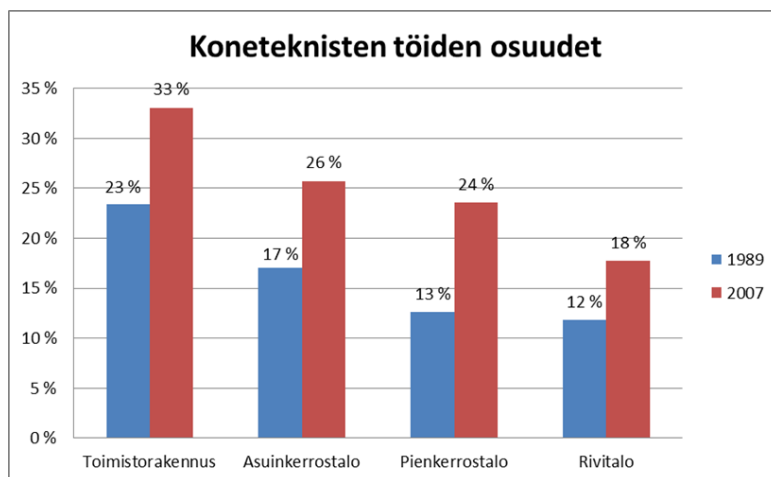
Vastaajien mukaan runko- ja vesikattorakenteiden työmenekkien osuuksien pienentymisen syitä ovat elementtirakentamisen lisääntyminen, työmenetelmien ja välineiden kehittyminen.



Kuva 6.3. Pintarakenteiden osuudet kokonaistyömenekistä

Vastaajien mukaan pintarakenteiden osuuden kasvua selittävät asiakkaiden ja viranomaisten kasvaneet vaatimustasot sekä viimeisteltävien pintatöiden määrän kasvu.

”Esimerkiksi elementtitekniikasta johtuen etuputsityöt ja pintalattia / tasoitelattioiden painoarvo kasvanut.” (Tuotantoinisinööri 2)



Kuva 6.4. Koneteknisten töiden osuudet kokonaistyömenekistä

Vastaajien mukaan koneteknisten töiden osuus on kasvanut tekniikan määrän vuoksi. Energiatехokkuusvaatimukset ovat tiukentuneet, talotekniikka on monipuolistunut ja mukavuustekniikka on lisääntynyt. Esimerkiksi ilmanvaihto on harvoin enää painovoimaista.

6.2 Työpajatyöskentely

Uudis- ja korjausrakentamisen ajoitusmalleja käsittelevä työpaja järjestettiin 1.10.2015 klo 12 - 15 rakennusteollisuuden tiloissa Helsingissä. Työpajaan osallistujille lähetettiin ajoitusmalleja käsittelevät ennakkomateriaalit ennen työpajaa. Työpajaan osallistui diplomitöiden tekijöiden lisäksi 13 asiantuntijaa, jotka työskentelevät erilaisissa uudis- ja korjausrakentamisen tehtävissä. Läsnä oli niin urakoitsijoiden kuin rakennuttajienkin edustajia. Työpajan osallistujalista on esitetty liitteessä B.

Työpajan ensimmäisessä osassa käsiteltiin uudisrakentamisen ajoitusmallia ja jälkimmäisessä korjausrakentamisen ajoitusmallia. Työpaja aloitettiin uudisrakentamisen ajoitusmallin teorian ja ajoitusmallin Excel-pohjan esittelyllä. Esittelyn aikana osallistujat esittivät kysymyksiä mallista ja esittelyn jälkeen he esittivät mielipiteitään mallista sekä mahdollisia kehitysideoita.

Työpajassa käsiteltiin myös ajoitusmallin rakennusvaiheiden sisältöjakoja. Talotekniikan tuntijakauma rakennusvaiheille riippuneet rakennustyyppistä. Suunniteltu jako (5 % perustukset, 10 % runko, 85 % sisävalmistusvaihe) sopi työpajaan osallistujien mielestä melko hyvin esimerkiksi teollisuusrakennuksille, mutta asuinkerrostaloille ehdotettiin runkovaiheen talotekniikan työntekijätuntien prosentuaalisen osuuden kasvattamista.

Työpajassa todettiin, että vertailutasen rakennusten työmenekit ovat luotettavimmillaan vain vertailutasojen tyyppisille rakennuksille. Nykyisin rakennettavat rakennukset eroa-

vat usein paljon toisistaan ja siksi olisi syytä kuvata vertailutason rakennustyyppien pääominaisuudet mallissa. Tällöin mallin käyttäjä voisi itse arvioida ja muuttaa pääryhmien työmenekkejä niiltä osin kuin suunniteltava rakennus eroaa vertailutason rakennuksesta. Työpajaan osallistujien mukaan arviointia helpottaisi myös, jos mallissa esitettäisiin vertailutasojen pääryhmien työmenekkien vaihteluvälit. Vaihteluvälien perusteella käyttäjä voisi itse arvioida pääryhmien työmenekit niiltä osin kun ne eroavat vertailutasosta. Vaihteluvälejä voitaisiin kuvata vaikeustasoltaan sanallisesti (helppo, normaali, vaikea), mikä helpottaisi mallin käyttöä.

Työpajaan osallistujat esittivät, että mallissa tulisi esittää lista asioista mitä malli ja vertailutason työmenekit eivät huomioi. Nämä kestoihin vaikuttavat asiat käyttäjän tulee itse huomioida aikataulusuunnittelussa. Nykyään tyyppillisen kellarirakentamisen ja rakennusten alle rakennettavat autohallit lisäävät rakentamisajan kestoja. Myös vaikeat perustusolosuhteet kasvattavat työmenekkejä vertailutason työmenekkeihin nähden. Tulevaisuudessa malliin voisi sisällyttää vertailutasot rakennuksista, joissa on esimerkiksi autohallit tai kellarirakentamista tai vaikeat perustusolosuhteet.

Käytettävyyden osalta työpajassa esitettiin, että mallista pitäisi saada yksinkertaisempikin versio. Esimerkiksi rakennushankkeiden tilaajat voisivat käyttää yksinkertaista mallia hyvin karkeaan alkuvaiheen aikataulusuunnitteluun. Yksinkertaisessa versiossa työmenekit ja vahvuustiedot olisivat piilotettuna ja näkyvissä olisivat vain välttämättömät syöttötiedot ja aikataulutulosteet.

Työpajassa esitettiin, että alueen maanrakentaminen ei ole kovin olennainen vaihe rakennushankkeen keston kannalta. Nykyisin korostuu luovutusvaiheen tärkeys ja ehdotettiin, että luovutusvaihe eriteltäisiin sisävaiheen kestopaiksi vaiheekseen. Tulevaisuudessa ajoitusmalli voisi huomioida myös avoimen rakentamisen periaatteen. Tällöin sisävaihe voitaisiin jakaa kiinteän ja muuntuvan osan toteutukseen. Lisäksi luovutusvaihe olisi vielä omana vaiheenaan, jolloin sisävaihe olisi jaettu kolmeen osaan. Sisä- ja luovutusvaiheen vinoviivat voisi pilkkoa lohkoittain, jolloin vinoviiva-aikataulu olisi realistisempi sisä- ja luovutusvaiheen osalta.

Alkuperäinen ajoitusmalli arvioi vuodenajan ja sijainnin vaikutukset kuukausittaisiin resurssitarpeisiin kuukausittaisten työmenekkierojen avulla. Ajoitusmallin prototyypissä käytettiin samaa teoriaa, mutta vaikutuksia normaalikestoihin ei toistaiseksi saatu määritettyä. Tämän vuoksi vanha teoria todettiin sellaisenaan liian karkeaksi. Arviointitapa esitettiin korvattavan muuttamalla joitakin ajoitusmallin ominaisuuksia. Projektikuukausien sijaan yleisaikatauluissa esitettiin näytettävän todelliset kuukaudet, joista mallin käyttäjä hahmottaisi suoraan miten rakentaminen ajoittuu eri vuodenaajoille. Tällöin mallin käyttäjän vastuulla olisi itse huomioida, miten esimerkiksi runkorakentamisen ajoittuminen talvelle vaikuttaa hankkeen keston ja resurssitarpeisiin. Malli voisi myös varoittaa, jos runkorakentaminen ajoittuu talvikuukausille. Heinäkuu on tyyppillisesti lomakuukausi ja se ehdotettiin poistettavaksi mallin tulosteista.

Yksi merkittävä kehitysidea mallin jatkokehityksen kannalta oli se, että mallissa huomioitaisiin betonin kuivumisajat. Tulevaisuudessa ajoitusmallin tulisi arvioida, ehtiikö betoni kuivua riittävästi ennen sisävalmistustöiden aloitusta eri lohkoissa. Mallin pitäisi myös huomioida eri vuodenaikojen vaikutus kuivumisaikoihin.

Alkuperäisessä ajoitusmallissa limityksiä kuvattiin prosentuaalisilla arvoilla. Työpajassa ehdotettiin, että prosentuaalisten limitysarvojen sijaan malliin voisi sijoittaa suoraan aloituskaukudet rakennusvaiheille, jos halutaan säädellä rakennusvaiheiden limityksiä. Mallin arvioimia työvoimavahvuuksia pidettiin työpajassa pieninä ja tulee tarkistaa.

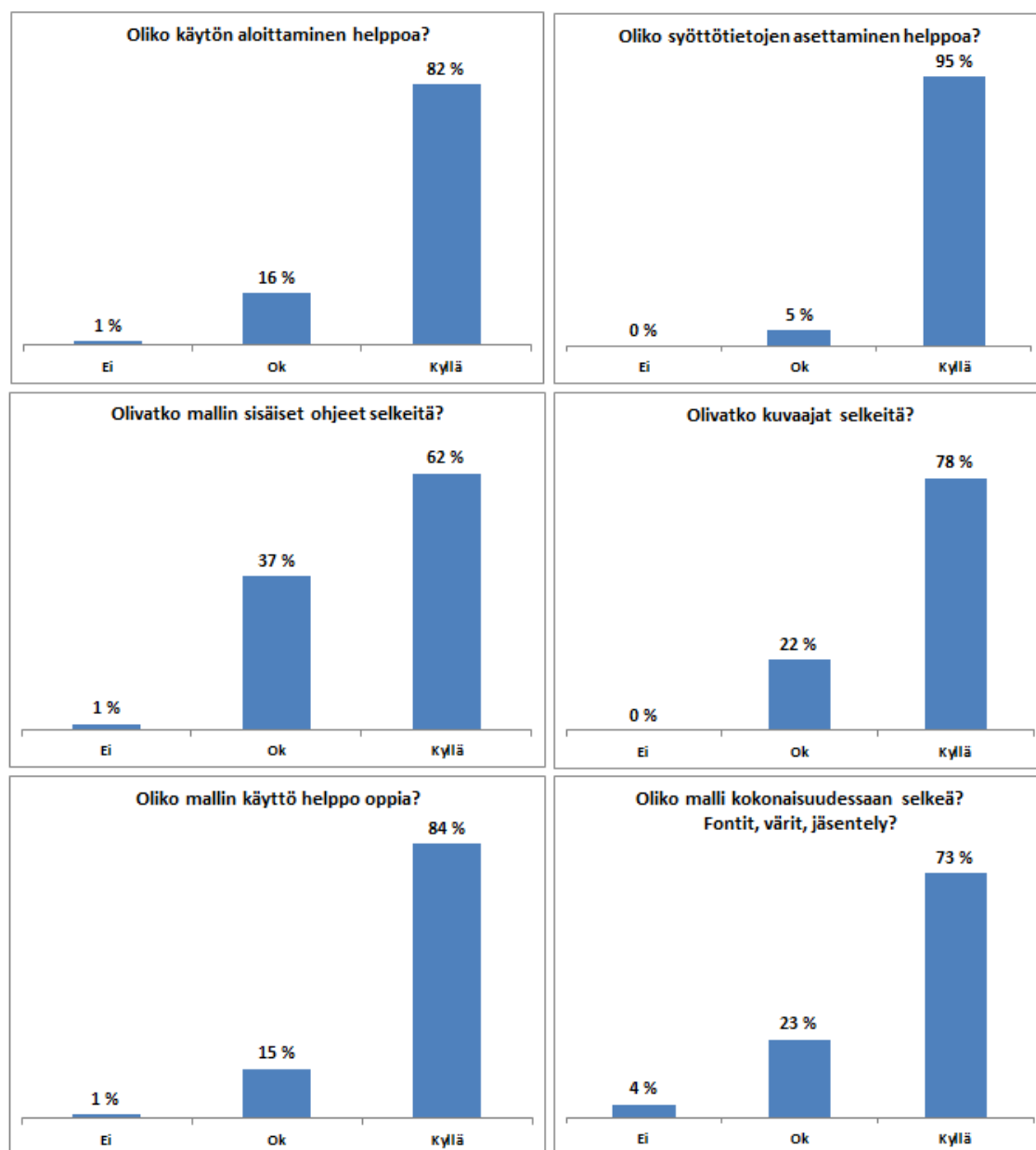
Työpajassa ehdotettiin mallin testausta eri Microsoft Office-versioilla. Lisäksi mallissa pitäisi myös mainita millä Excel-versiolla se toimii. Jatkokehitysideaksi ehdotettiin web-pohjaisen ajoitusmallin luontia, jolloin uusin versio olisi aina saatavissa ja helposti käytettävissä. Työpajassa nousi esiin tarve lisätä teollisuusrakennus mukaan tulevaisuuden ajoitusmalliin.

6.3 Käytettävyystesti

Laaditun ajoitusmallin käytettävyys testattiin Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan rakentamistalouden perusteet –kurssin opiskelijoilla. Kontrolloituina kokeena toteutetun käytettävyystestin suoritti yhteensä 73 ensimmäisen vuosikurssin opiskelijaa, joista suurimmalla osalla ei ollut kokemusta rakentamisesta. Käytettävyystestillä selvitettiin mallin käytettävyys eri Excel-versioilla sekä kuinka suuri osuus opiskelijoista sai määritettyä opiskelijanumeroaan vastaavan rakennusajan normaalikeston mallin avulla. Käytettävyystestauksella pyrittiin saamaan kuva mallin käytettävyydestä sekä löytämään mallista mahdollisimman monta käytettävyydeltään ongelmallista kohtaa, jotka voitiin korjata tai ohjeistaa paremmin. Käytettävyystestin tehtävänanto ja kyselylomake on esitetty liitteessä C.

Opiskelijat määrittivät kotitehtäväänään itsenäisesti rakennusajan normaalikeston ajoitusmallin helpon version avulla. Ohjeistuksesta huolimatta osa opiskelijoista käytti myös tavallista versiota. Rakennustyyppi ja hankkeen laajuus riippuivat opiskelijanumerosta. Ajoitusmallin käytön jälkeen opiskelijat täyttivät vielä lyhyen kyselyn ajoitusmallin käyttökokemuksesta.

Lähes kaikki (92 %) käytettävyystestin suorittajista onnistuivat määrittämään oikean rakennusajan normaalikeston mallin avulla. Virheet johtuivat todennäköisesti huolimattomuudesta, koska kukaan testaajista ei moittinut mallia vaikeakäyttöiseksi tai vastannut ettei osannut käyttää mallia. Mallin käytettävyyttä tutkittiin käytettävyysskyselyn avulla. Kuudessa ensimmäisessä kysymyksessä oli kolme vastausvaihtoehtoa (ei/ok/kyllä). Kysymykset ja niiden vastausprosentit esitetään kuvassa 6.5.



Kuva 6.5. Käytettävyystestin vastausjakauma

Vastausten perusteella ajoitusmallin käytön aloittaminen ja oppiminen sekä syöttötietojen asettaminen on helppoa. Ajoitusmallin kuvaajia pidettiin selkeinä vaikka jana-aikataulut ja paikka-aikakaaviot olivatkin entuudestaan tuntemattomia suurimmalle osalle testaa- jista. Vastausten perusteella eniten kehitettävää on ajoitusmallin sisäisissä ohjeissa ja ul- koasussa. Selkeästi suurin osa testaa- jista koki kuitenkin mallin helppokäyttöiseksi ja sel- keäksi, vaikka malli sisälsi heille paljon uusia rakennusalan termejä ja teoriaa.

Käytettävyysskyselyssä oli lisäksi avoimia kysymyksiä, joilla selvitettiin mallin käytön aikana ilmenneet ongelmat, mahdollisia kehitysideoita sekä ajoitusmallin hyvät puolet. Lähes kaikilla vastaajilla käyttökokemukset olivat positiivisia:

”Yksinkertainen ja helppo käyttää, jäsenneilty selkeästi.” (Opiskelija 1)

”Selkeät ohjeet ja helppo käyttää.” (Opiskelija 2)

”Hyvin havainnollistavat kuvaajat, joita helppo tulkita.” (Opiskelija 3)

”Värikoodit olivat hyvät ja selkeyttivät mallia. Käyttäminen oli helppoa ja tulokset olivat selkeästi esillä.” (Opiskelija 4)

”Toimi myös Macissa hyvin.” (Opiskelija 5)

Vain muutamalla yksittäisellä vastaajalla esiintyi ongelmia ajoitusmallin käytössä:

”Silmissä vilisi, sekava ulkoasultaan (en kyllä tiedä voiko Excelillä kovin paljoa selkeämpää saadakaan).” (Opiskelija 6)

”En tajunnut sallia makroja heti vaikka niin neuvottiin.” (Opiskelija 7)

”Ei meinannu aueta edes Open Officella.” (Opiskelija 8)

Avoimilla kysymyksillä saatiin lisäksi joitakin kehitysideoita:

”Malli on pienellä näytöllä äkkiseltään katsottuna vähän sekavan oloinen ja fontti on pientä. Väritkin ehkä voisivat olla vähän yhteensointuvammat ja tyylikkäämmät.” (Opiskelija 9)

”Taulukoista ja varsinkin kuvaajista voisi saada vielä paljon hienommat ja selkeämmät.” (Opiskelija 10)

”Ajoitusaikataulusta voisi lihavoida/korostaa esimerkiksi ”Yhteensä” vielä selkeämmin.” (Opiskelija 11)

Lisäksi käytettävyytestauksella selvitettiin millä Excel-versioilla malli toimii. Käytettävyytestauksen perusteella malli toimii ainakin taulukon 6.3. mukaisilla Excel-versioilla.

Taulukko 6.3. Excel-versiot, joilla malli toimii testauksen perusteella

Excel-versiot, joilla malli toimii
Microsoft Excel 2007
Microsoft Excel 2010
Microsoft Excel 2013
Microsoft Excel 2015
Microsoft Excel 2011 for Mac
Microsoft Excel 2015 for Mac
Microsoft Excel 2016 for Mac
LibreOffice Calc

7. LAADITTU AJOITUSMALLI 3.0

Tässä luvussa esitetään laaditun Ajoitusmalli 3.0:n teoria ja rakenne. Ajoitusmalli 3.0 on Excel-pohjainen työkalu, joka soveltuu rakennusyrityksien tarjouslaskentavaiheen sekä rakennuttajan ja tilaajan hanke- ja rakennussuunnitteluvaiheiden aikataulusuunnitteluun. Ajoitusmalli sisältää tavallisen ja yksinkertaistetun version. Ajoitusmallilla voidaan määrittää rakennusajan normaalikesto sekä rakennusvaiheiden normaaliajoitus kuukausitarkkuudella. Lisäksi ajoitusmallilla saadaan kuvattua hankkeen tarvitsemien resurssien kuukausittainen jakauma ja hankkeen tuntikertymä. Ohjelma toimii kuukausitarkkuudella, mikä on syytä huomioida tuloksia tarkastellessa.

Alustavaa yleisaikataulua tarvitaan muun muassa rakennusajan kohtuullisuuden, rakennusvaiheiden ajoittumisen, resurssitarpeiden ja merkittävien yhteiskustannusten arvioinnissa. Merkittäviä yhteiskustannuksia ovat esimerkiksi nostureiden ja työnjohdon ajallinen tarve sekä talvilisätöiden tarve. Mallin avulla voidaan määrittää alustava lohkojako ja lohkojen rakentamisien kestot tietoon jo aikaisessa vaiheessa.

Ajoitusmallista tehtiin käyttäjäystävällinen ja tulostuksiltaan selkeä Excel-pohjainen malli, koska suurin osa potentiaalisista käyttäjistä tuntee ohjelman perusteet. Excel soveltuu myös hyvin erilaisten vaihtoehtojen vertailuun ja vertailu onnistuu mallin avulla nopeasti ja helposti. Mallilla voidaan simuloida eri lähtöarvo-oletuksien vaikutuksia hankkeen kestoon, ajoitukseen ja resurssitarpeisiin.

Ohjelman edellyttämien välttämättömien lähtötietojen määrä on pieni. Ajoitusmallin arvioita voidaan kuitenkin tarkentaa ja käyttöaluetta laajentaa lisäämällä lähtötietoja, esimerkiksi suunnitelmia vastaavat työmenekkitiedot. Tarkentamalla lähtötietoja suunnittelun edetessä malli sopii hyvin hankkeen eri vaiheisiin ja erilaisiin ajoitustehtäviin.

Mallin arvioimat normaalikestot perustuvat kokonaistyömenekkeihin, joten se sopii laajasti erilaisiin talonrakennushankkeisiin. Mallissa käyttäjä voi itse säädellä hankkeen ja vaiheiden kestoja sekä ajoituksia. Malli sopii siis myös poikkeuksellisiin tapauksiin ja erilaisia ratkaisuja voidaan simuloida. Ajoitusmalli ei kuitenkaan huomioi vuodenajan vaikutuksia normaalikestoihin, vaan käyttäjän on huomioitava ne itse. Ajoitusmalli kuitenkin varoittaa mikäli runkorakentaminen ajoittuu talvikuukausille.

7.1 Ajoitusmallin teoria

7.1.1 Kokonaistyömenekki

Erilaisten suunnitelmien ajoitusominaisuuksia kuvataan mallissa yhteisellä suureella, tuotannollisella laajuudella eli kokonaistyömenekillä. Näin mallin arvio saadaan rakennustyyppistä riippumattomaksi ja suunnitteluratkaisujen suhteen laajasti edustavaksi. Ajoitusmallissa hankkeen kokonaistyömenekki on eritelty Talo 80 –rakentamisnimikkeistön mukaisiin pääryhmätasoihin työmenekkeihin. Pääryhmät 1 ja 2 on jaettu vielä edelleen rakennusvaiheiden sisältämien kokonaistyöpanosten vuoksi.

Mallissa on mahdollista käyttää vertailutasojen Talo 80 pääryhmätasoisia työmenekkejä tai yrityksen omia työmenekkejä. Yrityksen omilla esimerkiksi jälkilaskentaan perustuvilla menekeillä saadaan tarkemmat arviot normaaliestoille. Omilla työmenekkeillä malli soveltuu myös muille rakennustyypeille. Yrityksen omia työmenekkejä käytettäessä kohteesta tehdään ensin Talo 80 mukainen yksityiskohtainen määrälaskenta. Töille lasketaan menekit ja ne lasketaan yhteen pääryhmittäin. Jakamalla pääryhmien tunnit kohteen bruttoalalla tai rakennustilavuudella saadaan pääryhmille vertailutason tyyppiset työmenekit (tth/brm^2 tai tth/rm^3), jotka sijoitetaan malliin. Ajoitusmallissa käyttäjän tulee itse valita kumpaa kokonaistyömenekin yksikköä käyttää (tth/brm^2 tai tth/rm^3).

7.1.2 Uudet vertailutasot

Vertailutason kokonaistyömenekit perustuvat aitojen kohteiden määräluetteloiden ja Ratu-tömenekkien avulla laskettuihin arvoihin. Vertailutason kokonaistyömenekkien ja pääryhmätasoisien työmenekkien arvot ovat kahden desimaalin tarkkuudella. Vertailutason kokonaistyömenekkejä tulee käyttää harkiten, koska todellisten tuotantosunnitelmien työmenekit vaihtelevat laajasti suunnitteluratkaisujen mukaan. Pelkkä rakennustyyppi ja tuotantotekniikka ovat erittäin puutteellisia työmenekin määrittämisen perustaksi.

Vertailutasot on määritetty toimistorakennukselle, asuinkerrostalolle, pienkerrostalolle ja rivitalolle. Muille rakennustyypeille vertailutason työmenekkien käyttö ei ole suositeltavaa. Kokonaistyömenekin ja pääryhmätasoisien työmenekkien yksikkö tulee valita rakennuksen ominaisuudet huomioiden. Esimerkiksi korkean huonekorkeuden omaaville rakennuksille rakennustilavuus kuvaa huomattavasti paremmin hankkeen laajuutta kuin bruttoala. Vertailutasot perustuvat esimerkkikohteisiin, joiden ominaisuudet esitettiin luvussa 3.3 ja Ajoitusmallin Excel-pohjan Vertailutasojen rakennukset -välilehdellä. Kohteiden työmenekit on määritetty esimerkkikohteiden määräluetteloiden ja Ratu-tömenekkien avulla. Koneteknisten töiden sekä käyttö- ja yhteiskustannusten työmenekit on määritetty karkeasti hankkeiden laajuuksia vastaavien työmenekkien perusteella.

(tth/brm² ja tth/rm³). Vertailutasojen käyttö- ja yhteiskustannusten työmenekit eivät sisällä työnjohdon työmenekkejä. Vertailutasojen rakennuksien työmenekit eivät sisällä myöskään autohallien työmenekkejä. Vertailutasojen kokonaistyömenekit ja pääryhmätasoiset työmenekit on esitetty rakennustyypeittäin taulukoissa 7.1 ja 7.2.

Taulukko 7.1. Rakennustyyppien vertailutasojen pääryhmätasoiset työmenekit ja kokonaistyömenekit, tuotantotekniikkana täyselementtitekniikka [tth/brm²]

Rakennustyyppi	Toimistorakennus	Asuinkerrostalo	Pienkerrostalo	Rivitalo
1 Rakennuksen maa- ja pohjarakennus (ei sisällä 17,18)	0,21	0,36	0,22	0,63
17 Rakennusalueen rakenteet, 18 Ulkovarusteet	0,02	0,49	0,29	0,45
2 Perustukset (ei sisällä 28)	0,11	0,34	0,67	0,23
28 Ulkopuoliset rakenteet	0,07	0,39	0,29	1,13
3 Runkorakenteet	0,81	0,89	1,12	0,94
4 Täydentävät rakenteet	1,10	0,96	0,75	1,05
5 Pintarakenteet	1,63	1,85	2,08	4,05
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,09	0,25	0,38	0,25
7 Konetekniset työt	2,49	2,16	2,27	2,04
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	1,01	0,71	1,58	0,75
Kokonaistyömenekki 1-9 yhteensä	7,54	8,40	9,64	11,52

Taulukko 7.2. Rakennustyyppien vertailutasojen pääryhmätasoiset työmenekit ja kokonaistyömenekit, tuotantotekniikkana täyselementtitekniikka [tth/rm³]

Rakennustyyppi	Toimistorakennus	Asuinkerrostalo	Pienkerrostalo	Rivitalo
1 Rakennuksen maa- ja pohjarakennus	0,05	0,11	0,09	0,20
17 Rakennusalueen rakenteet, 18 Ulkovarusteet	0,01	0,15	0,06	0,14
2 Perustukset	0,02	0,11	0,20	0,07
28 Ulkopuoliset rakenteet	0,02	0,12	0,09	0,36
3 Runkorakenteet	0,19	0,28	0,34	0,30
4 Täydentävät rakenteet	0,26	0,30	0,23	0,33
5 Pintarakenteet	0,39	0,57	0,64	1,27
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,02	0,08	0,12	0,08
7 Konetekniset työt	0,59	0,67	0,69	0,64
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	0,24	0,22	0,48	0,24
Kokonaistyömenekki 1-9 yhteensä	1,79	2,61	2,94	3,63

Rakennusalueen rakenteet (17) ja ulkovarusteet (18) sekä ulkopuoliset rakenteet (28) on eritelty pääryhmistään rakennusvaiheiden sisältöjaon vuoksi, joka on esitetty luvussa 7.1.4. Vertailutason tyyppirakennukset ovat runkorakenteiltaan elementtirakenteisia teräsbetonirakennuksia. Ajoitusmalli 3.0 huomioi tuotantotekniikan muutoksen vaikutukset karkeasti. Vertailutason tyyppirakennuksille on määritetty karkeat osaelementtitekniikan ja paikallarakennustekniikan mukaiset kokonaistyömenekit. Tuotantotekniikan muutos aiheuttaa muutokset kokonaistyömenekkiin ja runkorakenteiden sekä käyttö- ja yhteiskustannusten pääryhmien työmenekkeihin. Ajoitusmallissa tuotantotekniikan valinta muuttaa työmenekit osaelementtitekniikan tai paikallarakennustekniikan mukaisiksi työmenekkeiksi. Osaelementtitekniikassa väliseinät on rakennettu paikallavalaen. Osaelementtitekniikan ja paikallarakennustekniikan työmenekit on esitetty taulukoissa 7.3 (tth/brm²) ja 7.4 (tth/rm³).

Taulukko 7.3. Osalementtitekniikan ja paikallarakennustekniikan bruttoalaperusteiset pääryhmätasoiset työmenekit ja kokonaistyömenekit eri rakennustyypeille [tth/brm²]

Osalementtitekniikka

	Toimistorakennus	Asuinkerrostalo	Pienkerrostalo	Rivitalo
3 Runkorakenteet	0,91	1,15	1,30	1,02
8,9 Käyttö- ja yhteiskust.	1,07	0,78	1,70	0,81
Kokonaistm. 1-9 yht.	7,70	8,73	9,94	11,65

Paikallarakennustekniikka

	Toimistorakennus	Asuinkerrostalo	Pienkerrostalo	Rivitalo
3 Runkorakenteet	2,40	2,24	2,64	2,31
8,9 Käyttö- ja yhteiskust.	1,32	1,07	2,19	1,04
Kokonaistm. 1-9 yht.	9,44	10,11	11,77	13,18

Taulukko 7.4. Osalementtitekniikan ja paikallarakennustekniikan rakennuskuutioperusteiset pääryhmätasoiset työmenekit ja kokonaistyömenekit eri rakennustyypeille [tth/rm³]

Osalementtitekniikka

	Toimistorakennus	Asuinkerrostalo	Pienkerrostalo	Rivitalo
3 Runkorakenteet	0,22	0,36	0,40	0,32
8,9 Käyttö- ja yhteiskust.	0,25	0,24	0,52	0,26
Kokonaistm. 1-9 yht.	1,83	2,71	3,03	3,67

Paikallarakennustekniikka

	Toimistorakennus	Asuinkerrostalo	Pienkerrostalo	Rivitalo
3 Runkorakenteet	0,57	0,70	0,81	0,73
8,9 Käyttö- ja yhteiskust.	0,31	0,33	0,66	0,33
Kokonaistm. 1-9 yht.	2,25	3,14	3,59	4,15

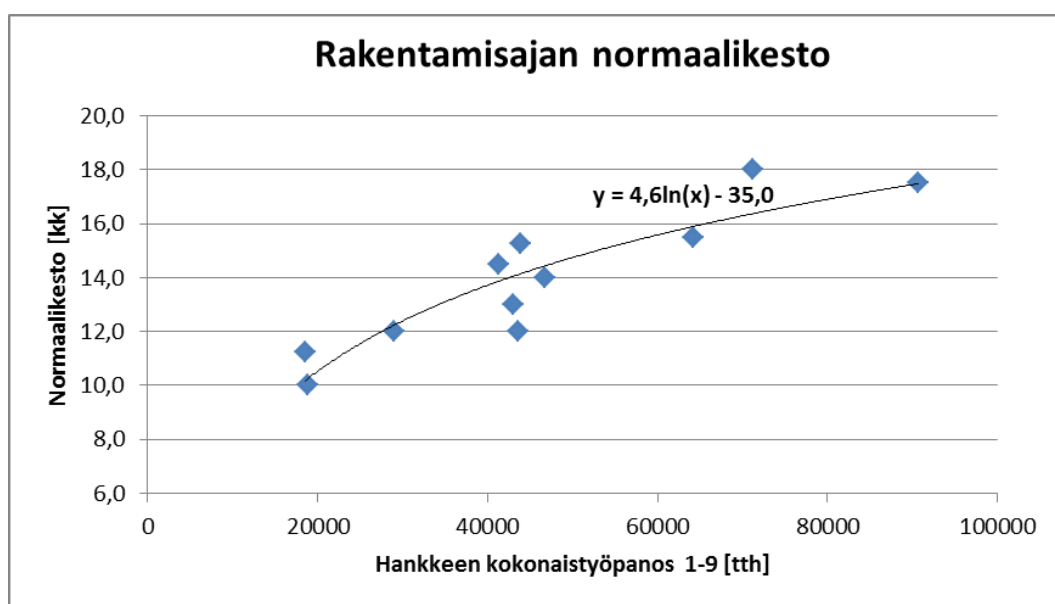
Tuotantotekniikan muutosten vaikutukset runkorakenteiden työmenekkeihin on määritetty laskennallisesti vertailutasojen kohteiden määräluetteloiden ja Rakennuksien kustannuksia 2015 –kirjan työmenekkien avulla. Kirjan rakennusosien pinta-aloihin perustavilla työmenekeillä määritettiin karkeat osaelementtitekniikkaa ja paikallarakennustekniikkaa vastaavat työmenekit. Seinä-, välipohja- ja yläpohjarakenteiden osalta arviot ovat melko luotettavia. Pilareille ja palkeille ei ollut saatavissa vastaavanlaisia työmenekkejä, joten toimistorakennuksen runkoratkaisun pilari- ja palkkirakenteiden työmenekit arvioitiin paikallarakentamisessa noin nelinkertaisiksi elementtien asennuksen työmenekkeihin nähden.

Tuotantotekniikan muutoksien vaikutukset käyttö- ja yhteiskustannusten työmenekkeihin määritettiin laskennallisesti vanhan mallin avulla. Vanhan ajoitusmallin tuotantotekniikoille määritettyjen muutosarvojen avulla laskettiin suhteelliset muutokset vanhan mallin tuotantotekniikoiden työmenekeille. Näiden suhteellisten muutosten avulla laskettiin uudet pääryhmätasoiset työmenekit käyttö- ja yhteiskustannuksille.

7.1.3 Hankkeen normaaliesto

Rakennusaikataulun kireys voidaan tutkia vertaamalla hankkeen toteuttamiseen varattua aikaa normaaliestoon. Hankkeen normaaliesto on tavanomainen rakennusaika, josta on vähennetty kesälomakuukaudet ja ennalta määritetyt keskeytyskuukaudet. Hankkeen rakennusaika voi poiketa normaaliestosta. Jos poikkeama normaaliestosta on alle 20 %, vaihtelu ei aiheuta merkittäviä lisäkustannuksia, jos esivalmistusastetta muutetaan tai hanke toteutetaan lohkoittain.

Normaaliesto on määritetty empiirisesti tuotannollisen laajuuden eli kokonaistyömenekin avulla. Normaalieston uusi laskentakaava määritettiin 11 hankkeen yleisaikataulujen, laajuustietojen ja kokonaistyöpanoksien perusteella. Hankkeiden kokonaistyöpanokset määritettiin laajuustietojen ja vertailutasojen työmenekkien avulla. Kokonaistyöpanoksia vastaavat kestot piirrettiin kuvaajaan ja kuvaajasta saatiin uusi hankkeen normaalieston laskentakaava. Hankkeen normaalieston kuvaaja ja uusi laskentakaava on esitetty kuvassa 7.1.



Kuva 7.1. Hankkeen normaaliesto ja laskentakaava

Työmenekkeinä normaalieston määrittämisessä käytetään ensisijaisesti suunnitelmia vastaavia työmenekkejä tai niiden puuttuessa tuotantotekniikkakorjattuja vertailutasojen työmenekkejä. Isojen kohteiden (kokonaistyöpanos yli 10 000 tth) rakennusaajan normaaliesto (kk) lasketaan siis kaavalla:

$$\text{Normaaliesto } T_N(kk) = 4,6 * \ln(\text{hankkeen kokonaistyötuntimäärä}) - 35,0$$

Pienten hankkeiden (kokonaistyöpanos alle 10 000 tth) normaalieston laskentakaava määritettiin SUKE-ajoitusmallin ja vertailutasojen työmenekkien avulla. Pienten hank-

keiden kokonaistyöpanokset laskettiin 1000 – 5000 rm^3 hankkeille vertailutasojen työmenekkien avulla. SUKE-ajoitusmallista (taulukko 2.1) saatiin laajuuksia vastaavat kes-tot ja niiden avulla muodostettiin uusi laskentakaava. Pienten hankkeiden (kokonaistyö-panos alle 10 000 tth) rakennusajan normaalikesto (kk) lasketaan kaavalla:

$$T_N(kk) = 1,8 * \ln(\text{hankkeen kokonaistyötuntimäärä}) - 9,3$$

Ajoitusmalli 3.0 toimii vain hankkeille, joiden kokonaistyöpanos on yli 10 000 tth, koska pienille hankkeille ei määritetty rakennusvaiheiden normaalikestojen laskentakaavoja. Laskentakaavoista saadun hankkeen normaalikeston ajoitusmalli pyöristää kuukausitarkkuudella ylöspäin. Hankkeen normaalikeston laskentaesimerkki on esitetty liitteessä D.

7.1.4 Rakennusvaiheiden normaalikestot

Mallin hanketyyppien aikataulut jakautuvat viiteen rakentamisvaiheeseen: maanraken-nus, perustus, runko, sisävalmistus ja luovutusvaihe. Ajoitusmallin eri rakentamisvaihei-den sisällöt on esitetty Talo 80 ryhmittelyn avulla taulukossa 7.5.

Taulukko 7.5. Ajoitusmallin rakennusvaiheiden sisällöt

Vaihe	Sisältää Talo 80 -ryhmät	Siirretty toiseen vaiheeseen
Maanrakennus	1 Maa- ja pohjarakennus	17 Rakennusalueen rakenteet 18 Ulkovarusteet
Perustus	2 Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet 7 Konetekniset työt (5 %) 8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset (10 %)	28 Ulkopuoliset rakenteet
Runko	28 Ulkopuoliset rakenteet 3 Runko- ja vesikattorakenteet 7 Konetekniset työt (15 %) 8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset (30 %)	
Sisävalmistus	4 Täydentävät rakenteet 5 Pintarakenteet 6 Kalusteet, varusteet, laitteet 7 Konetekniset työt (60 %) 8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset (50 %) 17 Rakennusalueen rakenteet 18 Ulkovarusteet	
Luovutus	7 Konetekniset työt (20 %) 8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset (10 %)	

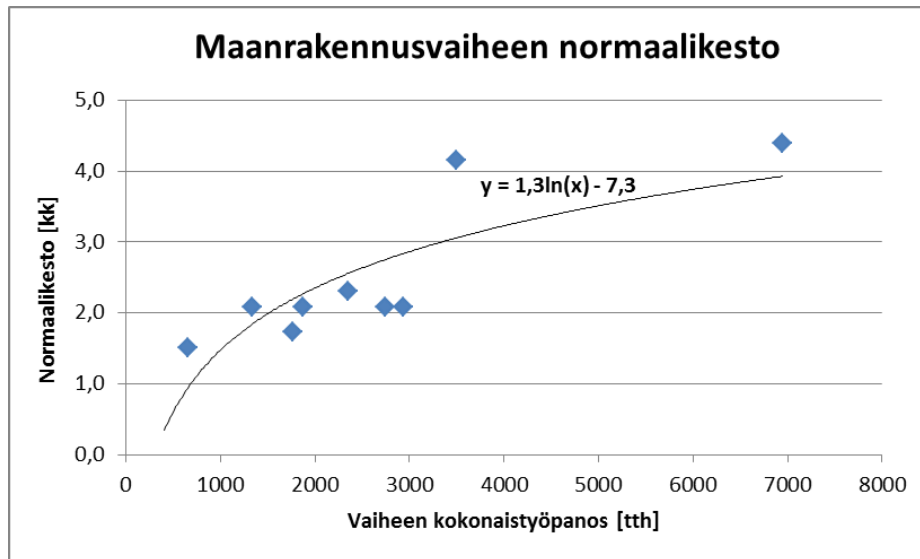
Maa- ja pohjarakennus (1) kokonaistyömenekki sisältää muut pääryhmän 1 työkokonai-suudet paitsi 17 (rakennusalueen rakenteet) ja 18 (ulkovarusteet). Perustukset (2) koko-naistyömenekki sisältää muut pääryhmän 2 työkokonaisuudet paitsi 28 (ulkopuoliset ra-kenteet).

Maanrakennus sisältää Talo 80 pääryhmän 1 mukaiset työpanokset, mutta ei rakennusalueen pintarakenteiden tai ulkovarusteiden työkokonaisuuksia, jotka sisältyvät sisävalmistusvaiheen kokonaistyöpanokseen. Perustusvaihe sisältää Talo 80:n mukaiset perustuksien pääryhmän työkokonaisuudet, paitsi ulkopuolisten rakenteiden työkokonaisuuden, joka sisältyy runkovaiheeseen. Lisäksi perustusvaiheeseen lasketaan 5 % koneteknisten töiden kokonaistyöpanoksesta ja 10 % käyttö- ja yhteiskustannusten kokonaistyöpanoksesta.

Runkovaihe sisältää kaikki Talo 80 runko- ja vesikattorakenteiden pääryhmän mukaiset työkokonaisuudet, ulkopuolisten rakenteiden työkokonaisuuden sekä 15 % koneteknisten töiden kokonaistyöpanoksesta ja lisäksi 30 % käyttö ja yhteiskustannusten kokonaistyöpanoksesta.

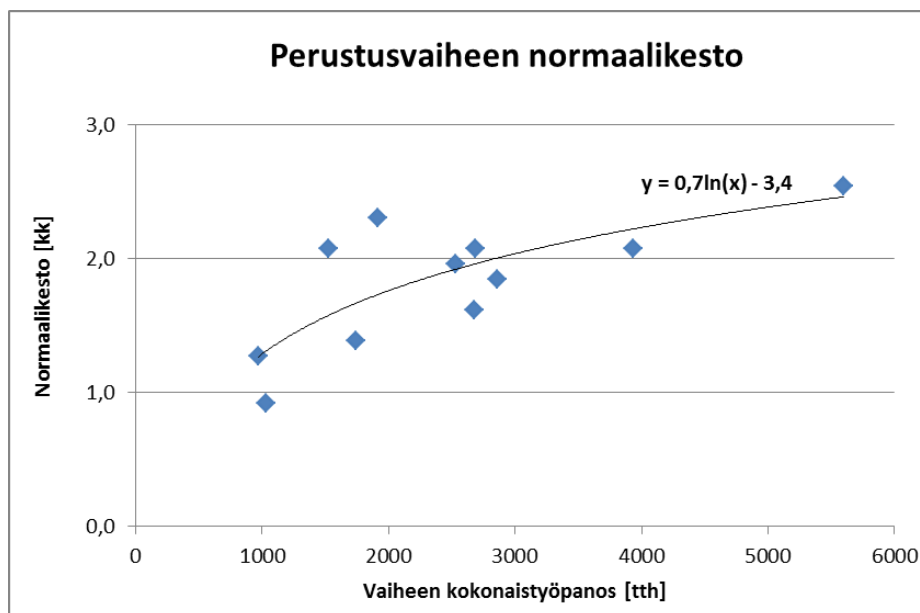
Sisävalmistusvaihe sisältää täydentävät rakenteet, pintarakenteet, kalusteet, varusteet sekä laitteet, 60 % koneteknisten töiden kokonaistyöpanoksesta ja 50 % käyttö- ja yhteiskustannusten kokonaistyöpanoksesta. Luovutusvaihe sisältää 20 % koneteknisten töiden kokonaistyöpanoksesta ja 10 % käyttö- ja yhteiskustannusten kokonaistyöpanoksesta. Käyttö- ja yhteiskustannusten kokonaistyöpanoksen jako perustuu kyselytutkimuksessa saatuihin vastauksiin.

Rakennusvaiheiden normaalikestot määritettiin 12 yleisaikataulussa esitettyjen rakennusvaiheiden kestojen, kohteiden laajuustietojen ja rakennusvaiheiden kokonaistyömenekien avulla. Vaiheiden kokonaistyömenekit laskettiin vertailutasojen pääryhmätasojen työmenekkien ja kohteiden laajuustietojen avulla. Rakennusvaiheiden sisältöinä olivat taulukon 7.5 mukaiset työkokonaisuudet. Rakennusvaiheiden kestoja vastaavat kokonaistyömenekit piirrettiin kuvaajiin ja kuvaajista saatiin uudet rakennusvaiheiden normaalikestojen laskentakaavat. Muutamia yksittäisiä ja poikkeuksellisia rakennusvaiheiden kestoja jätettiin huomioimatta uusien kaavojen määrittämisessä. Rakennusvaiheiden normaalikestojen kuvaajat ja laskentakaavat on esitetty seuraavilla sivuilla. Maanrakennusvaiheen normaalikeston kuvaaja ja laskentakaava on esitetty kuvassa 7.2.



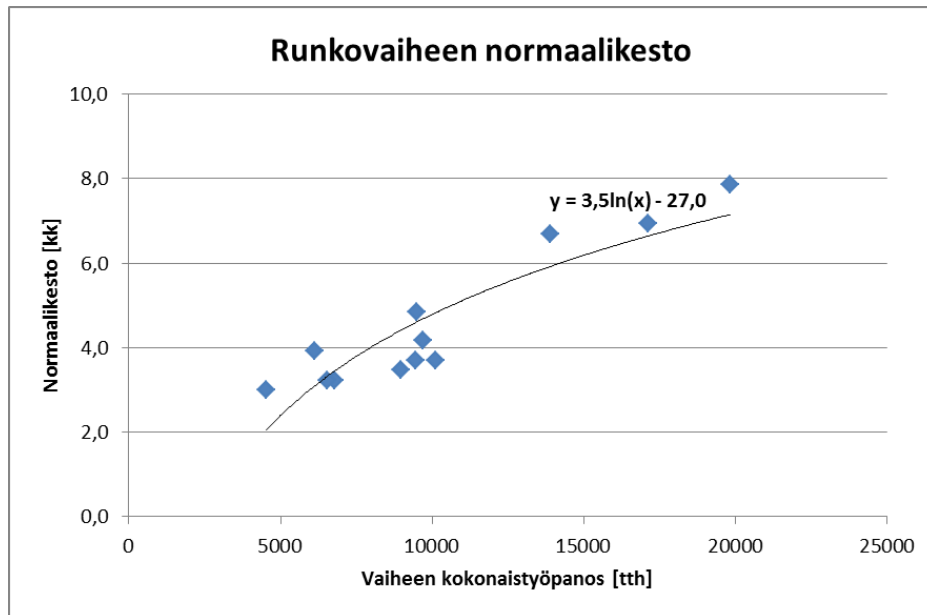
Kuva 7.2. Maanrakennusvaiheen normaalikesto ja laskentakaava

Perustusvaiheen normaalikeston kuvaaja ja laskentakaava on esitetty kuvassa 7.3.



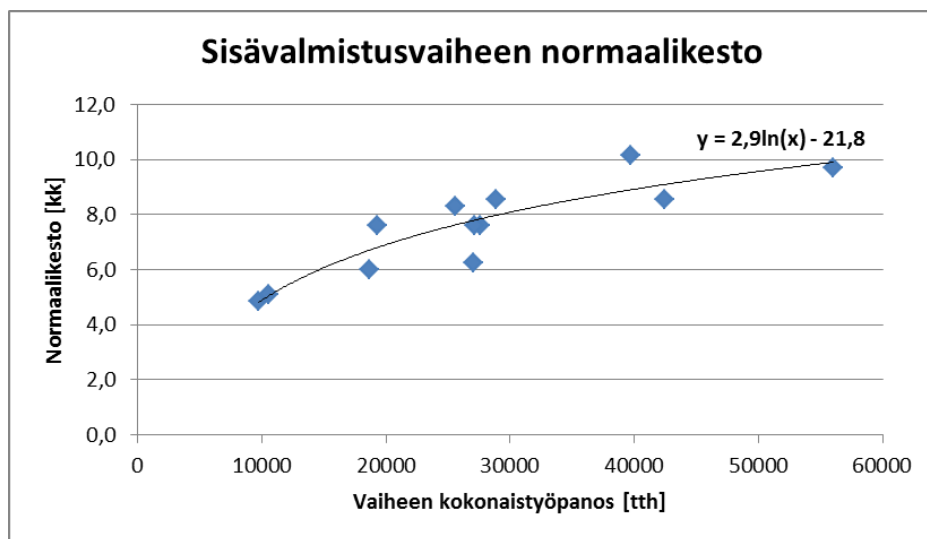
Kuva 7.3. Perustusvaiheen normaalikesto ja laskentakaava

Runkovaiheen normaalikeston kuvaaja ja laskentakaava on esitetty kuvassa 7.4.



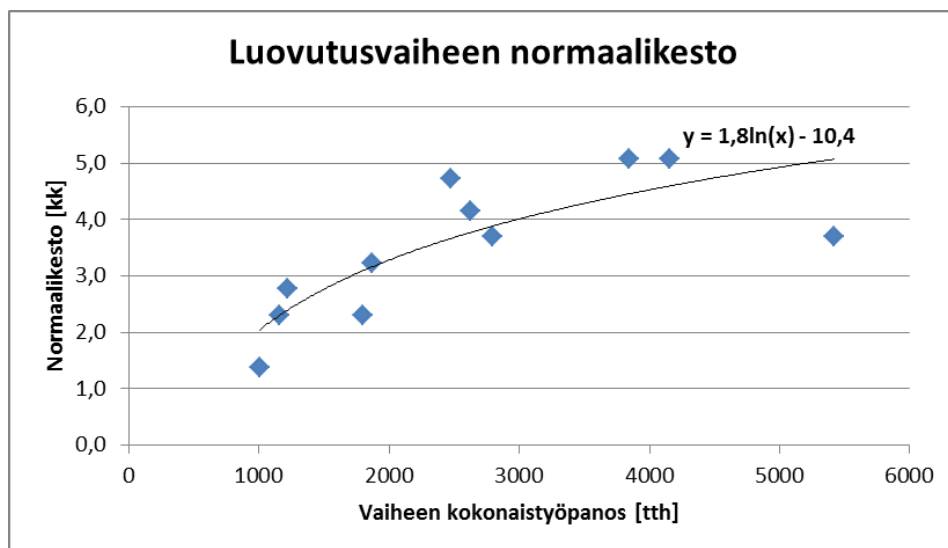
Kuva 7.4. Runkovaiheen normaalikesto ja laskentakaava

Sisävalmistusvaiheen normaalikeston kuvaaja ja laskentakaava on esitetty kuvassa 7.5.



Kuva 7.5. Sisävalmistusvaiheen normaalikesto ja laskentakaava

Luovutusvaihe sisältää loppusiivouksen, itselle luovutukset, toimintakokeet ja muut luovutusvaiheen toimenpiteet. Luovutusvaiheen normaalikeston kuvaaja ja laskentakaava on esitetty kuvassa 7.6.



Kuva 7.6. Luovutusvaiheen normaalikesto ja laskentakaava

Maanrakennus- ja perustusvaiheissa vaiheen normaalikesto kasvaa runkovaiheeseen nähden hitaammin, koska työkohdetta on suhteellisesti paljon ja siten voidaan käyttää samanaikaisesti useita työryhmiä. Runkovaiheessa työkohteita ei ole vaiheen työmenekkiin nähden suhteessa yhtä paljon, koska muun muassa vaiheen tekniset ja työkohderiippuvuudet rajoittavat käytettävissä olevia työkohteita. Kaikkien mallin rakennusvaiheiden uudet normaalikestojen laskentakaavat on esitetty kootusti taulukossa 7.6.

Taulukko 7.6. Rakennusvaiheiden normaalikestojen laskentakaavat

Vaihe	Normaalikeston laskentakaava (kk)
Maanrakennus	$1,3 * \ln (\text{Maanrakennuksen kokonaistyötuntimäärä}) - 7,3$
Perustus	$0,7 * \ln (\text{Perustusvaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 3,4$
Runko	$3,5 * \ln (\text{Runkovaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 27,0$
Sisävalmistus	$2,9 * \ln (\text{Sisävalmistusvaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 21,8$
Luovutus	$1,8 * \ln (\text{Luovutusvaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 10,4$

Ajoitusmalli pyöristää laskentakaavojen tulokset kuukausitarkkuudella lähimpään kokonaislukuun. Hankkeen ja rakennusvaiheiden normaalikestojen sekä limityksien laskentaesimerkki on esitetty liitteessä D.

7.1.5 Lohkojako ja limitys

Lohkot ovat hankkeen fyysisiä osia kuten rakennus, porras tai kerros. Osakohteisiin voidaan jakaa tuotantotekniikaltaan, suunnitteluratkaisuiltaan, sijainniltaan ja kerrosluvultaan erilaiset osat. Osakohteiden jakorajoina käytetään moduulilinjvoja, liikuntasauvoja ja työsauvoja.

Mallissa voidaan antaa erikseen lohkojako, lohkojen koot bruttoneliöinä ja lohkojen suoritusjärjestys. Suoritusjärjestyksessä lohko 1 on ensimmäinen, lohko 2 toinen ja niin edelleen. Lohkoja voi olla korkeintaan viisi kappaletta. Malli olettaa aluksi lohkot yhtä suuriksi, kunnes omat lohkojen koot sijoitetaan.

Uusia limityskaavoja ei tutkimuksen perusteella laadittu. Uusien normaalikestojen laskentakaavojen määrittämisessä käytettyjen yleisaikataulujen perusteella uusien limityskaavojen laatiminen ei onnistunut. Yleisaikatauluja oli liian vähän hajontaan nähden, jotta uusien luotettavien limityskaavojen luonti olisi ollut mahdollista. Tämän vuoksi uusi ajoitusmalli huomioi rakennusvaiheiden limitykset vanhan mallin tavoin.

Rakennusvaiheiden peruslimityksenä on käytetty 25 %. Limitykset kasvavat tuotannollisen laajuuden kasvaessa aina 80 % limitykseen asti, joka vastaa viiden lohkon tapausta. Peruslimitys johtuu vaiheiden sisällöistä ja työjärjestyksistä, esimerkiksi perustukset on tehtävä ennen sisäpuolisia täyttöjä, maanvarainen laatta tai kantava laatta tehdään rungon yhteydessä, ikkunoiden asennus, muuraus ja pintabetonityöt limittyvät osittain runkovaiheeseen nähden. Sisävalmistusvaihe on ainut vaihe, joka voi alkaa ennen edellisen vaiheen valmistumista samassa lohossa, koska täydentävien rakenteita ei ajoiteta mallissa omana rakennusvaiheena, vaan niiden ajoittuminen huomioidaan sisävalmistustöiden limityksenä runkoon nähden. Sisävalmistusvaihe saa limittyä enimmillään 25 % samassa lohossa rungon kanssa.

Rakennusvaiheiden limitykset toiseen vaiheeseen nähden kasvavat tuotannollisen laajuuden kasvaessa. Rakennusvaiheiden limittymisten suuruudet riippuvat edellisen vaiheen kokonaistyöpanoksen kautta edellisen vaiheen kestosta. Vaiheiden kokonaistyöpanokset sisältävät samat työkokonaisuudet kuin normaalikestojen laskennassa. Limityskaavat perustuvat vanhan ajoitusmallin laskentakaavoihin. Limityskaavat on esitetty taulukossa 7.7.

Taulukko 7.7. Rakennusvaiheiden limittyminen (muokattu lähteestä Poikonen & Kiiras 1989)

Limitys	Limityksen laskentakaava (%)
Maanrakennus-perustus	$25 + (\text{Maanrakennuksen kokonaistuntimäärä}/200)$
Perustus-runko	$25 + (\text{Perustusvaiheen kokonaistuntimäärä}/290)$
Runko-sisävalmistus	$25 + (\text{Runkovaiheen kokonaistuntimäärä}/530)$

Mallin arviot rakennusvaiheiden limittymisistä perustuvat pääosin taulukon 6.7 laskentakaavoihin. Mallissa on rajoitettu rakennusvaiheiden limityksiä niin, että eri rakennusvaiheiden aloitusten minimiväli on yksi kuukausi. Luovutusvaiheen vaiheen aloitus on hankkeen normaalikesto – luovutusvaiheen kesto.

7.2 Ajoitusmalli 3.0:n rakenne

Ajoitusmallin ensimmäisellä välilehdellä eli ohjesivulla on käyttöohjeet ajoitusmallin käyttöön. Ohjesivulta valitaan käytettävä malli. Malli jakautuu kahdeksi osamalliksi: Ajoitusmalli 3.0 ja Ajoitusmalli 3.0 helppo. Ajoitusmalli 3.0 on tavallinen joustava versio, johon voi sijoittaa omia arvoja. Ajoitusmalli 3.0 helppo on yksinkertaistettu versio, jossa ei esitetä työmenekkejä tai resurssitarpeita. Helpossa versiossa esitetään vain tärkeimmät aikataulutulosteet. Ajoitusmalli 3.0:n käyttöesimerkki on esitetty liitteessä E.

7.2.1 Ajoitusmallin syöttötiedot

Mallin valinnan jälkeen ajoitusmalliin syötetään lähtötiedot, joiden perusteella ajoitusmalli laskee hankkeen sekä rakennusvaiheiden normaali-kestot, ajoitukset ja resurssitarpeet. Ajoitusmallin lähtötiedoiksi annetaan ensisijaisesti rakennesuunnitelmien mukaiset lähtötiedot. Puuttuvien lähtötietojen osalta voidaan käyttää ajoitusmallin rakennustyyppien lähtötietoja, esimerkiksi vertailutason työmenekkejä. Mallin arviot ovat sitä luotettavampia, mitä enemmän todellisia suunnitelman tietoja käytetään, koska todellinen suunnitelma voi usein poiketa paljon ajoitusmallin rakennustyyppien vertailutason suunnitelmasta. Ajoitusmallin syöttötiedot on esitetty kuvassa 7.7.

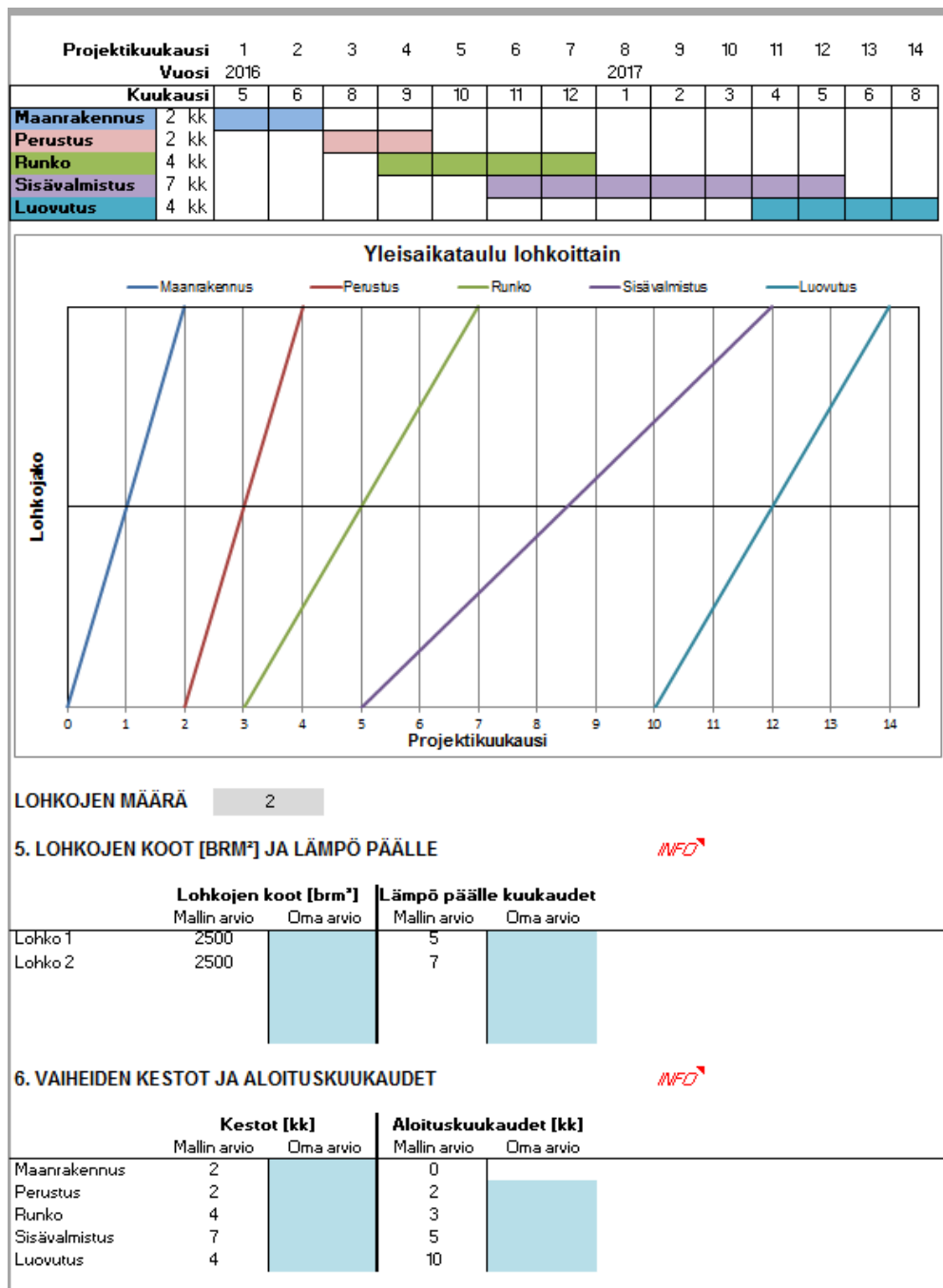
1. PERUSTIEDOT				INFO	
Hankkeen nimi	Esimerkkikohde				
Laajuus [brm ³]	5000				
Laajuus [rm ³]	15000				
Aloitusvuosi	2016				
Aloituskuukausi	Toukokuu				
Rakennustyyppi	Toimistorakennus				
Tuotantotekniikka	Täyselementtitekniikka				
Kestot määräävä kokonaistyömenekien yksikkö	tth/brm ³				
Heinäkuu lomakuukausi	Kyllä				
2. KOKONAISTYÖMENEKIT [TTH/BRM ³]		Mallin arvio	Oma arvio	INFO	
1 Maa- ja pohjarakennus (ilman 17 & 18)	0,21				
17 Rakennusalueen rakenteet, 18 Ulkovarusteet	0,02				
2 Perustukset (ilman 28)	0,11				
28 Ulkopuoliset rakenteet	0,07				
3 Runkorakenteet	0,81				
4 Täydent. Rakenteet	1,10				
5 Pintarakenteet	1,63				
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,09				
7 Kone tekniset työt	2,49				
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	1,01				
Kokonaistyömenekki	7,54				
Hankkeen kokonaistyömenekki, [tth]	37700				
3. NORMAALIKESTOT [KK]		Normaalikesto	Aloitus	Loppu	INFO
Maanrakennus	2	0	2		
Perustus	2	2	4		
Runko	4	3	7		
Sisävalmistus	7	5	12		
Luovutus	4	10	14		
Hankkeen normaalikesto	14				
4. TYÖMAAVAHVUDET		Mallin arvio			
Työmaan keskivahvuus [tt]	17				
Työmaan maksimivahvuus [tt]	33				
Työmaan minimivahvuus [tt]	4				

Kuva 7.7. Ajoitusmallin syöttötiedot

Välttämättömien lähtötietojen solut ovat vihreitä ja harmaita. Vihreisiin soluihin kirjoitetaan rakennussuunnitelmia vastaavat arvot ja harmaiden solujen alavetovalikoista valitaan oikeat arvot. Välttämättömiä lähtötietoja ovat hankkeen laajuus, rakennustyyppi ja käytetty tuotantotekniikka. Hankkeen laajuus voidaan ilmoittaa rakennuksen bruttoalana (brm²) tai rakennustilavuutena (rm³). Määräävä yksikkö valitaan lähtötietojen yhteydessä, mikä määrittää työmenekien yksikön. Rakennustyyppiksi valitaan kyseistä hanketta parhaiten kuvaava, koska rakennustyyppijä ja niiden yhdistelmiä on todellisuudessa rajaton määrä. Yrityksen omia työmenekkejä käytettäessä ainut välttämätön lähtötieto on hankkeen laajuus. Mallin vertailutasojen rakennustyyppit ovat toimistorakennus, asuinkerrostalo, pienkerrostalo ja rivitalo. Tuotantotekniikan vaihtoehdot ovat täyselementtitekniikka, osaelementtitekniikka ja paikallarakennustekniikka. Tarkempaa lisätietoa kohtiin liittyen saa klikkaamalla info-soluja.

Vaaleansinisiin soluihin voidaan sijoittaa halutessaan omat arvot, jolloin normaalikestot, ajoitukset ja resurssitarpeet määrittyvät niiden mukaisesti. Kohdassa 2 voi sijoittaa omat

pääryhmätasoiset työmenekit. Kohdassa 3 esitetään mallin laskemat normaalikestot rakennusvaiheille ja niiden ajoitukset. Kohdassa 4 esitetään kuukausittaisen työmaavuuksien keskiarvo, maksimiarvo ja minimiarvo. Loput syöttötiedot asetetaan seuraavalla sivulla. Yleisaikataulujen tulosteet sekä loput syöttötiedot esitetään kuvassa 7.8.



Kuva 7.8. Yleisaikataulut ja loput syöttötiedot

Lohkojen määrä ja koot määritetään kohdassa 5. Malli arvioi lohkot samankokoisiksi, mutta sijoittamalla vaaleansinisiin soluihin omat lohkojen koot paikka-aikakaavio päivittyy niitä vastaaviksi. Lohko 1 on suoritusjärjestyksessä ensimmäinen, lohko 2 toinen ja

niin edelleen. Kohdassa 5 voidaan myös määrittää kuukaudet, milloin lämmitys aloitetaan eri lohkoissa. Malli arvioi lämmityksen alkavan runkovaiheen valmistuttua lohkoissa.

Kohdassa 6 voidaan määrittää itse rakennusvaiheiden kestot ja säätää rakennusvaiheiden aloitusajankohdat omia kestoja tai lohkojakoja vastaaviksi. Yleisaikataulut päivittyvät kohtien 5 ja 6 mukaisiksi. Syöttötietojen määrittämisen jälkeen saadaan tulosteina yleisaikataulujen lisäksi ajoitusaikataulu, tuntikertymäkuvaaja ja resurssikaavio.

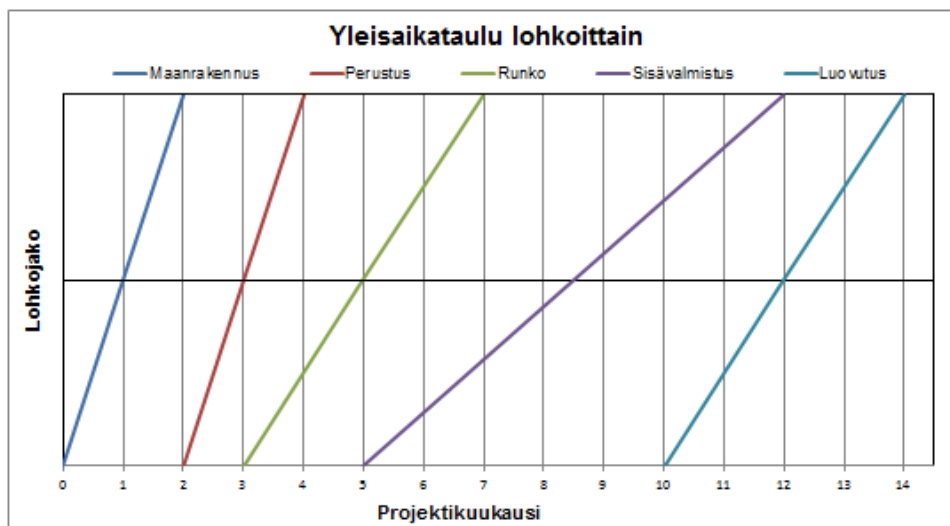
7.2.2 Yleisaikataulu

Rakennusvaihetasoinen yleisaikataulu esitetään jana-aikatauluna ja lohkoittain kuukausitarkkuudella. Rakennushankkeen sekä rakennusvaiheiden normaalikestot ja limitykset määräytyvät niille laskentakaavojen mukaan, jotka riippuvat vaiheiden kokonaistyömenekistä. Kokonaistyömenekit malli laskee omien työmenekkien tai niiden puuttuessa vertailutason työmenekkien perusteella. Rakennushanke on jaettu viiteen vaiheeseen, jotka limittyvät keskenään. Jana-aikataulussa esitetään projektikuukausien lisäksi todelliset kuukaudet. Jana-aikataulussa ei näy heinäkuuta, jos heinäkuu on valittu lomakuukaudeksi. Esimerkki ajoitusmallin rakennusvaiheiden jana-aikataulusta on esitetty kuvassa 7.9.

Projektikuukausi		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Vuosi		2016						2017							
	Kuukausi	5	6	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	8
Maanrakennus	2 kk														
Perustus	2 kk														
Runko	4 kk														
Sisävalmistus	7 kk														
Luovutus	4 kk														

Kuva 7.9. Ajoitusmallin yleisaikataulu

Malli arvioi lohkojen koot samansuuruisiksi, mutta koot voidaan määrittää myös itse. Tällöin vinoviiva-aikataulu päivittyy omia kokoja vastaavaksi. Kuvassa 7.10 on esitetty yleisaikataulu lohkoittain.



Kuva 7.10. Ajoitusmallin yleisaikataulu lohkoittain, 2 samansuuruisia lohkoa

7.2.3 Ajoitusaikataulu

Rakennusvaiheiden kestojen lisäksi saadaan kullekin rakennusvaiheelle ja koko hankkeelle työvoimavahvuus kuukausittain. Rakennusvaiheiden ajoitusaikataulussa esitetään kuukausittainen työntekijöiden tarve eri rakennusvaiheille ja talotekniikan töille. Lisäksi ajoitusaikataulussa esitetään kuukaudet, jolloin lämmitys aloitetaan lohkoissa sekä kuukausittainen tuntikertymä ja hankkeen kumulatiivinen tuntikertymä. Rakennusvaiheiden ajoitusaikataulussa ei esitetä heinäkuuta, jos heinäkuu on valittu lomakuukaudeksi. Ajoitusmalli varoittaa runkorakentamisen ajoittumisesta talvikuukausille värjäämällä kyseisen kuukauden resurssitarpeen punaisella.

Ajoitusaikataulu on esitetty kuvassa 7.11. Malli laskee ajoitusaikataulussa esitettävät resurssitarpeet normaalikestojen ja pääryhmien työmenekkien avulla. Resurssitarpeet ovat keskimääräisiä resurssitarpeita koko vaiheelle. Ajoitusaikataulun sisältö esitetään graafisesti tuntikertymäkuvaajan ja resurssikaavion avulla.

Rakennusvaiheiden ajoitusaikataulu

INFO

Projektikuukausi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vuosi	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2016	2017	2017	2017	2017	2017
Kuukausi	Touko	Kesä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maali	Huhti	Touko
Maanrakennus [tt]	4	4										
Perustus [tt]			4	4								
Runko [tt]				9	9	9	9					
Sisävalmistus [tt]						15	15	15	15	15	15	15
Luovutus [tt]											1	1
Talotekniikka [tt]			2	5	3	9	9	6	6	6	10	10
Yhteensä [tt]	4	4	6	18	12	33	33	21	21	21	26	26
Lämpö päälle					L		L					
tth*1000	0,67	0,67	1,01	3,02	2,02	5,54	5,54	3,53	3,53	3,53	4,37	4,37
tth*1000 kum.	0,67	1,34	2,35	5,38	7,39	12,94	18,48	22,01	25,54	29,06	33,43	37,80

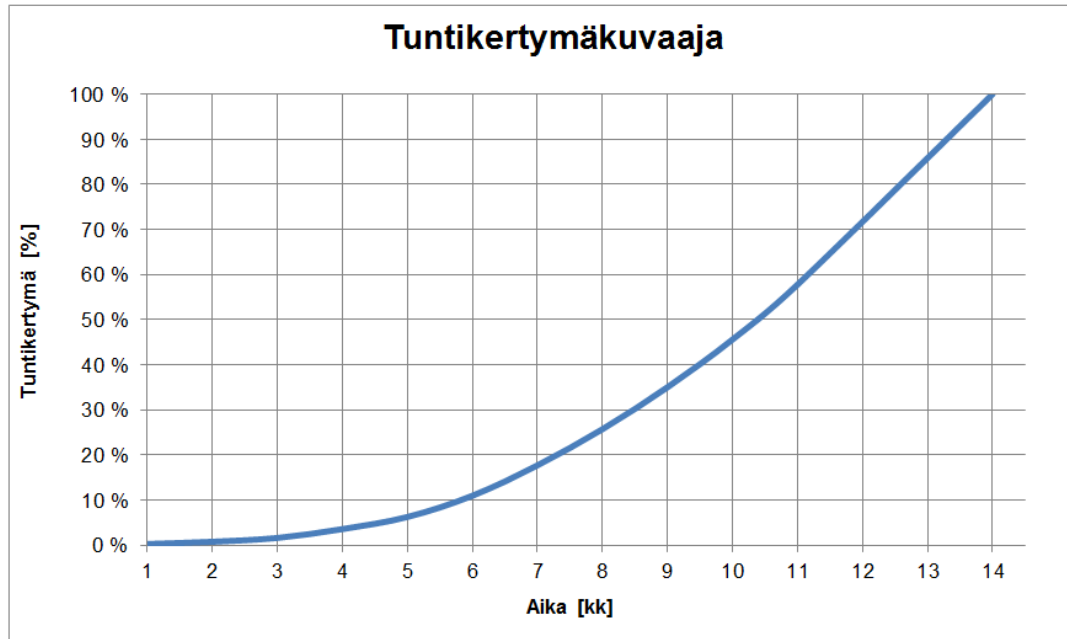
Projektikuukausi	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Vuosi	2017	2017	2017	2017	2017	2017	2018	2018	2018	2018	2018	2018
Kuukausi	Kesä	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maali	Huhti	Touko	Kesä
Maanrakennus [tt]												
Perustus [tt]												
Runko [tt]												
Sisävalmistus [tt]												
Luovutus [tt]	1	1										
Talotekniikka [tt]	4	4										
Yhteensä [tt]	5	5										
Lämpö päälle												
tth*1000	0,84	0,84										
tth*1000 kum.	38,64	39,48										

Projektikuukausi	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Vuosi	2018	2018	2018	2018	2018	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019
Kuukausi	Elo	Syys	Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maali	Huhti	Touko	Kesä	Elo
Maanrakennus [tt]												
Perustus [tt]												
Runko [tt]												
Sisävalmistus [tt]												
Luovutus [tt]												
Talotekniikka [tt]												
Yhteensä [tt]												
Lämpö päälle												
tth*1000												
tth*1000 kum.												

Kuva 7.11. Ajoitusmallin rakennusvaiheiden ajoitusaikataulu

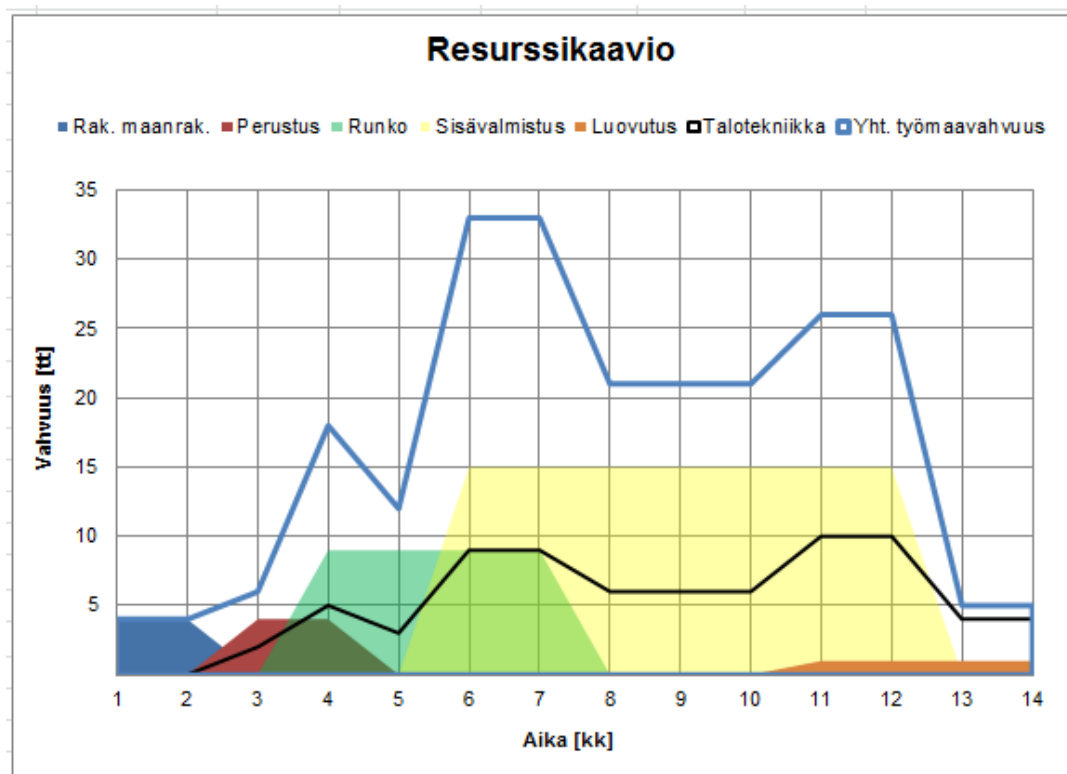
7.2.4 Tuntikertymäkuvaaja ja resurssikaavio

Tuntikertymäkuvaaja esittää hankkeen työntekijätuntien prosentuaalisen kertymisen ajan suhteen. Esimerkki tuntikertymäkuvaajasta on esitetty kuvassa 7.12.



Kuva 7.12. Ajoitusmallin tuntikertymäkuvaaja

Resurssikaavio esittää koko rakennushankkeen, eri rakennusvaiheiden sekä talotekniikan töiden resurssitarpeet kuukausittain. Resurssikaavio on esitetty kuvassa 7.13.



Kuva 7.13. Ajoitusmallin resurssikaavio

7.2.5 Ajoitusmalli 3.0 helppo

Ajoitusmalli 3.0 helppo eroaa rakenteeltaan vain ensimmäisen sivun syöttötietojen ja tulosteiden osalta. Työmenekki- ja työmaavahvuustiedot eivät ole näkyvillä helpossa versiossa. Omia työmenekkejä ei voi sijoittaa tähän versioon vaan siinä voidaan käyttää vain vertailutason työmenekkejä. Ajoitusmalli 3.0 helpon ensimmäinen syöttötietosivu on esitetty kuvassa 7.14.

1. PERUSTIEDOT		INFO	
Hankkeen nimi	Esimerkkikohde		
Laajuus [brm²]	5000		
Laajuus [rm²]	15000		
Aloitussvuosi	2016		
Aloituskaukausi	Tammikuu		
Rakennustyyppi	Toimistorakennus		
Tuotantotekniikka	Täyselementiteknikka		
Kestot määräävä kokonaistyömenekin yksikkö	tth/brm²		
Heinäkuu lomakuukausi	Kyllä		

2. NORMAALIKESTOT [KK]	Normaalikesto	Aloitus	Loppu	INFO
Maanrakennus	2	0	2	
Perustus	2	2	4	
Runko	4	3	7	
Sisävalmistus	7	5	12	
Luovutus	4	10	14	
Hankkeen normaalikesto	14			

Kuva 7.14. Ajoitusmalli 3.0 helpon version syöttötiedot

Mallin toisella sivulla voidaan määrittää lohkomäärät ja koot, rakennusvaiheiden kestot ja aloituskaukaudet samalla tavalla kuin Ajoitusmalli 3.0:ssakin. Helpolla versiolla tulosteina saadaan vain yleisaikataulut. Ajoitusmalli 3.0 helppo -version käyttöesimerkki on esitetty liitteessä F.

Aikajaon muuttumisen syitä selvitettiin aikataulusuunnittelun asiantuntijoille lähetetyn kyselytutkimuksen avulla. Asuntorakentamisessa asiakkaiden sekä viranomaisten vaatimustasot ovat kasvaneet ja nykyisin rakennettavat asuinrakennukset ovat arkkitehtuuriltaan monimuotoisempia kuin aiemmin rakennetut. Asuinrakennukset sisältävät enemmän tekniikkaa ja niiden laatu on viimeistellympää. Nykyisin toteutettavat toimistorakennushankkeet ovat suurempia ja niiden runkoratkaisut ovat tehokkaampia. Myös esivalmistettujen osien käyttö on lisääntynyt ja toimistot tehdään usein avotiloiksi, mikä on vähentänyt sisävalmistustöiden määrää.

Kyselytutkimuksen avulla selvitettiin myös aikataulusuunnittelun nykyisiä käytäntöjä hankkeen alkuvaiheessa ja työntekijätuntien jakautumista eri rakennusvaiheille. Kyselytutkimukseen saatiin vastauksia yhteensä seitsemältä henkilöltä, jotka toimivat erilaisissa tehtävissä urakoitsijapuolella viidessä eri yrityksessä. Pienestä vastaajajoukosta huolimatta kyselytutkimus tuotti hyvin vastauksia lähes kaikkiin tehtyihin kysymyksiin. Vastaukset olivat pääsääntöisesti hyvin yhdenmukaisia. Toisaalta talotekniikan sekä käyttö- ja yhteiskustannusten työntekijätuntien jakautumisesta eri rakennusvaiheille saatiin erilaisia vastauksia ja varsinkin tältä osin tarvittaneen lisäselvityksiä mallin jatkokehittämiseksi.

Vertailutasojen mallikohteet olivat kaikki betonirunkoisia ja täyselementtitekniikalla toteutettuja, joten vertailutasojen runkorakenteiden työmenekit eivät sovellu sellaisenaan muille runkoratkaisuille. Tuotantotekniikan muutosten vaikutukset runkorakenteiden työmenekkeihin määritettiin tässä työssä laskennallisesti vertailutasojen aitojen kohteiden määräluetteloiden ja Rakennuksien kustannuksia 2015 –kirjan työmenekkien avulla. Kirjan rakennusosien pinta-aloihin perustuvilla työmenekeillä määritettiin karkeat osaelementtitekniikkaa ja paikallarakennustekniikkaa vastaavat työmenekit. Tuotantotekniikan muutosten vaikutukset käyttö- ja yhteiskustannusten työmenekkeihin määritettiin laskennallisesti vanhan ajoitusmallin avulla. Luotettavampaa arviointitapaa varten tulisi laskea osaelementtitekniikalla ja paikallarakennustekniikalla toteutettujen kohteiden määrälueteloita ja kohdetietoja vastaavat runkorakenteiden sekä käyttö- ja yhteiskustannusten työmenekkitiedot.

Uudet normaalikestojen laskentakaavat koko rakennusajalle ja rakennusvaiheille määritettiin 12 hankkeen yleisaikataulujen ja laajuustietojen sekä vertailutasojen työmenekkien avulla. Suurempi määrä erilaisia ja erikokoisia hankkeita parantaisi uusien normaalikestojen laskentakaavojen luotettavuutta. Yleisaikataulujen hankkeiden koot vaihtelivat 6000 – 35 000 m^3 välillä, joten erityisesti pieniä ja suurempia hankkeita tarvittaisiin lisää laskentakaavojen luotettavuuden parantamiseksi.

Normaalikestojen laskentakaavat määritettiin yleisaikataulujen rakennustyyppejä vastaavien vertailutasojen työmenekkien avulla. Optimitilanteessa laskentakaavojen määrittämisessä voitaisiin käyttää mallikohteiden yleisaikatauluja vastaavia määrä- ja työmenekki-

tietoja, jolloin mahdolliset eroavaisuudet vertailutasojen rakennustyyppien ja mallikohteiden välillä eivät aiheuttaisi virheitä. Laskentakaavojen määrittämisessä pyrittiin tässä työssä käyttämään yleisaikataulun kohdetta parhaiten kuvaavaa vertailutason työmenekkiä.

Mallikohteiden yleisaikataulujen perusteella uusien limityskaavojen laatiminen ei onnistunut, koska mallikohteiden yleisaikatauluja oli liian vähän rakennusvaiheiden limitysten suureen hajontaan nähden. Tämän vuoksi Ajoitusmalli 3.0 huomioi rakennusvaiheiden limitykset vanhan mallin tavoin. Mallissa on kuitenkin mahdollista määrittää itse rakennusvaiheiden aloituskuukaudet.

Pienten hankkeiden (kokonaistyöpanos alle 10 000 tth) rakennusajan normaalikeston laskentakaava määritettiin SUKE-ajoitusmallin ja vertailutason työmenekkitietojen avulla. Pienten hankkeiden rakennusvaiheiden normaalikestojen laskentakaavoja ei laadittu. Pienten hankkeiden kokonaistyöpanokset laskettiin $1000 - 5000 \text{ m}^3$ hankkeille vertailutasojen työmenekkien avulla. SUKE-ajoitusmallista saatiin laajuuksia vastaavat kestot ja niiden avulla muodostettiin uusi laskentakaava. Pienten hankkeiden laskentakaavasta saataisiin luotettavampi, jos se laadittaisiin aitojen hankkeiden yleisaikataulujen sekä laajuus- ja työmenekkitietojen perusteella.

Uudis- ja korjausrakentamisen ajoitusmalleja käsittelevään työpajaan osallistui diplomityöntekijöiden lisäksi 13 asiantuntijaa, jotka työskentelevät erilaisissa tehtävissä uudis- ja korjausrakentamisen parissa. Mukana oli niin urakoitsijoiden kuin rakennuttajienkin edustajia, joten eri osapuolet olivat hyvin edustettuna. Ajoitusmallin 3.0 alustava Excel-pohja esiteltiin työpajassa. Työpajan avulla saatiin käytännön näkemyksiä ja kehitysideoita, joiden avulla mallia kehitettiin. Diplomityön puitteissa kaikkia kehitysideoita ei toteutettu. Muun muassa sisävalmistus- ja luovutusvaiheiden normaalikestot tulisi pilkkoa lohkoittain vinoviiva-aikatauluun, jotta aikataulu kuvaaisi paremmin todellisuutta. Nykyisellään Ajoitusmalli 3.0 kuvaa selkeästi milloin hankkeen sisävalmistus- ja luovutusvaihe alkaa ja loppuu, mutta ei sovellu yhtenäisen janan vuoksi tarkempaan lohkosuunnitteluun sisävalmistus- ja luovutusvaiheen osalta.

Ajoitusmallista 3.0 luotiin Excel-pohjainen malli, koska suurin osa potentiaalisista käyttäjistä tuntee Excel-laskentaohjelman perusteet. Excel soveltuu hyvin erilaisten vaihtoehtojen vertailuun, mikä onnistuu mallin avulla nopeasti ja helposti.

Ajoitusmallista luotiin helppokäyttöinen ja selkeä malli, mikä varmistettiin käytettävyyss-testauksella. Selkeästi suurin osa käytettävyyss-testaukseen osallistuneista koki mallin helppokäyttöiseksi ja selkeäksi, vaikka malli sisälsi heille paljon uusia rakennusalan termejä ja teoriaa. Käytettävyyss-testauksessa mallia testattiin vain rakennusajan normaalikestojen määrittämisestä osalta, koska testaajilla ei ollut riittäviä lähtötietoja perusteellisempaan mallin testaukseen. Mallia testanneet opiskelijat olivat enimmäkseen nuoria, joille

Excel on tyypillisesti hyvin tuttu ohjelma. Toisaalta ensimmäisen vuosikurssin rakennustekniikan opiskelijoilla ei tyypillisesti ole juurikaan kokemusta rakentamisesta. Edellä mainitut tekijät voivat vaikuttaa jonkin verran käytettävyydestäuksen tuloksiin.

Tämän tutkimuksen perusteella päivitettiin tulevan Aikataulukirjan (2015) normaalikestojen ja limityksien määritys –osio ja normaalikestojen laskentakaavat. Lisäksi uuteen painokseen lisättiin tässä diplomityössä esitetty laskentaesimerkki rakennusajan ja rakennusvaiheiden normaalikestojen sekä limityksien laskennasta.

8.2 Jatkotutkimusehdotukset

Rakennusajan ja rakennusvaiheiden normaalikestojen laskentakaavoja pitää tarkentaa tulevaisuudessa suuremman hankemäärän perusteella. Erityisesti uusien pienten ja suurten hankkeiden huomioimisen avulla voidaan parantaa laskentakaavojen luotettavuutta. Laskentakaavoista saataisiin luotettavampia käyttämällä mallikohteiden yleisaikatauluja vastaavia määrä- ja työmenekkitietoja. Rakennusurakoitsijoille normaalikestojen laskentakaavoista saataisiin vieläkin luotettavampia määrittämällä ne yrityksen omien työmenekkilaskelmien ja niitä vastaavien yleisaikataulujen perusteella. Mallikohteiden yleisaikataulujen perusteella uusien rakennusvaiheiden limityskaavojen laatiminen ei tässä työssä suuren hajonnan vuoksi onnistunut. Suuremmalla hankemäärällä voitaisiin määrittää myös uudet rakennusvaiheiden limityskaavat.

Vertailutason rakennustyyppejä tarvitaan enemmän, jotta mallin vertailutasojen työmenekit soveltuisivat useammille rakennustyypeille. Malliin voidaan lisätä rajaton määrä uusia rakennustyyppejä ja niiden työmenekkejä laskemalla pääryhmätasoiset työmenekit esimerkiksi määräluetteloiden perusteella. Mahdollisia rakennustyyppejä voisivat olla esimerkiksi puukerrostalo, liikerakennus, teollisuusrakennus ja sairaalarakennus. Malliin voitaisiin lisätä useampia saman rakennustyyppin vertailutasoja, jotka olisivat erilaisia rakennesuunnitelmiltaan ja siten myös työmenekiltään. Useampien samantyyppisten rakennusten vertailutasojen avulla voitaisiin määrittää pääryhmätasoisien työmenekkien vaihteluvälit eri rakennustyypeille, joiden avulla käyttäjä voisi valita tai arvioida omaa hankettaan parhaiten vastaavan työmenekin.

Runkomateriaalien ja tuotantotekniikoiden vaikutuksia työmenekkeihin tulee jatkossa tarkentaa aitojen kohteiden määräluetteloiden perusteella. Määräluetteloiden perusteella voitaisiin määrittää hankkeiden erityispiirteiden, esimerkiksi erilaisten perustusolosuhteiden, autohallien ja kellarirakentamisen vaikutukset pääryhmätasoiisiin työmenekkeihin. Tulevaisuudessa ajoitusmallissa hankkeen erityispiirteet voitaisiin valita tuotantotekniikan tavoin ja malli huomioisi vaikutukset pääryhmätasoiisiin työmenekkeihin.

Sisävalmistus- ja luovutusvaiheiden normaalikestot tulisi tulevaisuudessa pilkkoa lohkoittain vinoviiva-aikatauluun, jotta aikataulu kuvaisi paremmin todellisuutta. Pilkko-

mista varten on kuitenkin määritettävä sisävalmistus- ja luovutusvaiheiden lohkoille normaalikestojen laskentakaavat. Tulevaisuudessa ajoitusmalli voisi huomioida avoimen rakentamisen periaatteen, jolloin sisävaihe voitaisiin jakaa kiinteään ja muuntuvaan osan toteutukseen. Tätä varten kiinteälle ja muuttuvalle osalle tulisi määrittää sisältöjä vastaavat vertailutasojen työmenekit ja normaalikestojen laskentakaavat. Lisäksi talotekniikan sekä käyttö- ja yhteiskustannusten työntekijätuntien jakautuminen eri rakennusvaiheille tulisi varmistaa ja tarvittaessa tarkentaa.

Tulevaisuudessa ajoitusmalli voisi huomioida vuodenajan ja alueen vaikutukset normaali-kestoihin. Eri alueiden kuukausikohtaiset vuodenajan vaikutukset rakennusvaiheiden työmenekkeihin on määritetty jo alkuperäisessä ajoituskustannusmallissa. Vaikutukset pitäisi tarvittaessa päivittää ja muokata riittävän yksinkertaiseen muotoon, jotta ne voitaisiin muokata ominaisuudeksi ajoitusmallin Excel-pohjaan. Tulevaisuudessa ajoitusmalli voisi myös arvioida betonin kuivumisaikojen riittävyydet rakennusalueen ja kuivumiskuukausien mukaan. Myös kuivumisajat pitäisi saada riittävän yksinkertaiseen muotoon, jotta ne voitaisiin muokata ominaisuudeksi ajoitusmallin Excel-pohjaan.

Ajoitusmallin käyttöönottoa ja käytettävyyttä voitaisiin helpottaa tekemällä mallista web-pohjainen. Uusin versio mallista olisi näin helposti löydettävissä ja käytettävissä esimerkiksi Rakennustiedon sivuilla. Ajoitusmallista voitaisiin laatia Ratu-kortti, jossa esitettäisiin esimerkiksi lyhyesti mallin perusteet sekä käyttöohjeet.

Käytettävyydestä suoritettiin ensimmäisen vuosikurssin rakennustekniikan opiskelijoilla, joista suurimmalla oli hyvin vähäinen kokemus rakentamisesta. Tämän vuoksi käytettävyys testattiin vain rakennusajan normaalikestojen määrittämisen osalta. Mallin käytettävyys pitäisi testata myös muiden ominaisuuksien osalta. Mahdollisia testajia voisivat olla esimerkiksi aikataulusuunnittelua tekevät asiantuntijat.

Käytettävyydestä lisäksi Ajoitusmallia 3.0 ei ole varsinaisesti testattu, mutta sitä on käytetty muutaman suunnitteilla olevan hankkeen alustavan rakentamisaajan arvioinnissa. Mallia tulee vielä testata vertaamalla mallin arvioita aitojen hankkeiden vastaaviin ja tarvittaessa päivittää käytössä havaittujen puutteiden perusteella. Lisäksi mallin normaali-kestojen laskentakaavat ja vertailutasojen työmenekit tulee päivittää säännöllisesti vastaamaan päivityshetken aikaista rakentamista, rakennustyyppijakoja ja työmenekkejä.

Ajoitusmalli 3.0 soveltuu vain uudisrakentamiseen. Korjausrakentamisen ajoitusmallia ei voida rakentaa rakennustyyppikohtaisesti. Sen sijaan korjausrakentamisen ajoitusmalli voitaisiin rakentaa hanketyyppien mukaan. Hanketyyppijako voisi olla esimerkiksi julkisivuremontit, linjasaneeraukset ja muut erilaiset suuremmat korjaushankkeet. Eri hanketyypeille voitaisiin määrittää vertailutasojen työmenekit ja hanketyypeille omat normaalikestojen laskentakaavat. Korjausrakentamisen vertailutasojen työmenekit voitaisiin

mahdollisesti määrittää osittain korjauslisien ja ajoitusmallin vertailutasojen työmenekkien avulla. Korjausrakentamisen ajoitusmallin tulisi huomioida korjausrakentamisen erityispiirteiden vaikutukset, esimerkiksi onko rakennus korjauksen aikana käytössä vai ei.

LÄHTEET

Aaltola J., Valli R., Ikkunoita tutkimusmetodeihin. Metodien valinta ja aineistonkeruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle. PS-kustannus. Jyväskylä, 2010, 261s.

Aho T., Kandidaatintyö, Asuinkerrostalon ja toimistorakennuksen erot karkean menekkitiedoston luomisessa. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere 2014, 16s.

Anttila P., Tutkimisen taito ja tiedonhankinta. Akatiimi Oy. Helsinki 1998, 488s.

Chan A., Chan D., Developing a benchmark model for project construction time performance in Hong Kong, Building and Environment 39, 2004, 11s.

Chan D., Kumaraswamy M., Compressing construction durations: lessons learned from Hong Kong building projects. International Journal of Project Management 20, 2002, 13s.

Chan D., Kumaraswamy M., Forecasting construction durations for public housing projects: a Hong Kong perspective. Building and Environment 34, 1999, 14s.

Eskola J., Suoranta J., Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Vastapaino. Jyväskylä, 1998, 268s.

Grönfors M., Vilkkä H., Laadullisen tutkimuksen kenttätömenetelmät. WSOY, Hämeenlinna, 2011, 143s.

Guerrero, M., Villacampa Y., Montoyo A., Modeling construction time in Spanish building projects. International Journal of Project Management 32, 2014, 13s.

Haahtela Y., Kiiras J., Talonrakennuksen kustannustieto 1988. Rakennuskirja Oy. Helsinki 1988, 541s.

Hanna A. S., Chang C., Sullivan K.T., Lackney J.A., Impact of shift work on labor productivity for labor intensive contractor. Journal of Construction Engineering and Management 134, 2008, 8s.

Jun D. H., El-Rayes K., Optimizing the utilization of multiple labor shifts in construction projects. Automation in Construction 19, 2009, 11s.

Järvinen P., Järvinen A., Tutkimustyön metodeista. Opinpajan kirja. Tampere, 2011, 209s.

Kananen J., Laadullinen tutkimus opinnäytetyönä. Miten kirjoitan kvalitatiivisen opinnäytetyön vaihe vaiheelta. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, 2014, 169s.

Kankainen J., Sandvik T., Rakennushankkeen ohjaus. Rakennustieto Oy. Helsinki 1999, 103s.

Khosrowshahi F., Kaka A., Estimation of Project Total Cost and Duration for Housing Projects in the U.K., Building and Environment 31, 1995, 9s.

KH X0-00494 Rakennuksen pinta-alat. Rakennustieto Oy. Helsinki 2011, 12s.

Keisu V.P., Poikonen J., Kiiras J., Talonrakennushankkeen ajoitusmalli 2.0. Rakennus-fakta Oy. Helsinki 1993, 51s.

Kerkkänen E., Haveri, H., Kiiras J., Talonrakennuksen kokonaistyömenekkimalli. Rakentajain kustannus Oy, Espoo 1989, 17s.

Kitchens M., Estimating and Project Management for Building Contractors. ASCE Publications, 1996, 242s.

Kivimäki C., Koskenvesa A., Ratu 436-T Asuinrakennushankkeen kokonaistyömenekki. Rakennustieto Oy. Helsinki 2008, 8s.

Koskenvesa A., Tuotannonsuunnittelun käytännöt, Rakentajain kalenteri 2012. Rakennustieto Oy. Helsinki 2011, 685s.

Koskenvesa A., Rakennustyön tuottavuus 1975–2010, Rakentajain kalenteri 2011. Rakennustieto Oy. Helsinki 2010, 699s.

Koskenvesa A., Koskela L., Tolonen T., Sahlstedt S., Waste and labor productivity in production planning: case finnish construction industry. 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC 18, 2010, 10s.

Koskenvesa A., Sahlstedt S., Ratu KI-6021, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Rakennustieto Oy. Helsinki 2013, 144s.

Kruus M., Kiiras J., Raveala J., Saari A., Salmikivi T., Malli suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa. Rakennustieto Oy. Helsinki 2006, 71s.

Kuutti W., Käytettävyys, suunnittelu ja arviointi. Talentum Media Oy. Helsinki 2003, 191s.

Lindberg R., Kivimäki C., Lahtinen M., Rakennusosien kustannuksia 2015. Rakennustieto Oy. Helsinki 2015, 261s.

Lindberg R., Koskenvesa A., Sahlstedt S., Ratu KI-6023, Aikataulukirja 2013. Helsinki 2012, 376s.

Lukka K., Konstruktiivinen tutkimusote, 2001, metodix, Saatavissa (viitattu 8.7.2015): http://www.metodix.com/fi/sisallys/01_menetelmat/02_metodiartikke-lit/lukka_const_research_app/kooste

Lukka K., The Key Issues of Applying the Constructive Approach to Field Research. In Commemoration of the 50th Anniversary of the Turku School of Economics and Business Administration. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration, 2000, 14s.

Mason R. O., Experimentation and knowledge – A pragmatic perspective. Knowledge: Creation, Diffusion, Utilization 10, No 1. 1988, 21s.

Min-Yuan C., Duc-Hoc T., Opposition-based Multiple Objective Differential Evolution (OMODE) for optimizing work shift schedules. Automation in Construction 55, 2015, 14s.

Mittaviiva Oy, Aikatauluteorian käsitteet, 2015, [WWW]. Saatavissa (viitattu 8.6.2015) http://www.mittaviiva.fi/ratufLOW/1_4_kasitteet.html

Mölsä S. & Airaksela M., Puukerrostalo oli nopea tehdä mutta kallis suunnitella ja rakentaa, 2015, Rakennuslehti, Saatavissa (viitattu 1.7.2015): <http://www.rakennuslehti.fi/2015/06/puukerrostalo-oli-nopea-tehda-mutta-kallis-suunnitella-ja-rakentaa/>

Palomäki J., Ratu F31-0346 Talvityöt ja –kustannukset. Rakennustieto Oy. Helsinki 2010, 14s.

Poikonen J., Kiiras J., Talonrakennuksen ajoituskustannusmalli. Rakentajain kustannus Oy. Espoo 1989, 102s.

RT 10–10387 Talonrakennushankkeen kulku. Rakennustieto Oy. Helsinki 1989, 24s.

Saarikivi J., Kankainen J., Vuodenajan kustannusvaikutukset talonrakennustuotannossa. Raportti 92, Teknillinen korkeakoulu, Rakentamistalouden laboratorio. Espoo 1989.

Sinkkonen I., Kuoppala H., Parkkinen J., Vastamäki R., Käytettävyyden psykologia. Edita Prima Oy. Helsinki, 2006, 331s.

Stoy C., Pollalis S., Schalcher H.-R., Early estimation of building construction speed in Germany. International Journal of Project Management 25, 2007, 7s.

Talo-80 Yleisseloste, Talo-80 nimikkeistöjärjestelmän mukaan. Rakentajain kustannus Oy. Helsinki 1988.

Verne, Liikenteen tutkimuskeskus, Tampereen teknillinen yliopisto, 2015, Tulevaisuuden tutkimus. [WWW]. Saatavissa (viitattu 6.10.2015): <http://www.tut.fi/verne/tutkimusmenetelmat/tulevaisuudentutkimus/>

Wiio A., Käyttäjäystävällisen sovelluksen suunnittelu. Edita Publishing Oy. Helsinki, 2004, 254s.

Gopal M., Forecasting construction duration, 2015, The Constructor [WWW]. Saatavissa (viitattu 3.6.2015): <http://theconstructor.org/construction/const-management/forecasting-construction-duration/69>

LIITE A: KYSELYTUTKIMUKSEN KYSELYPOHJA

<i>Kyselytutkimus uudisrakennushankkeiden alkuvaiheen aikataulusuunnittelusta</i>
1. Missä yrityksessä työskentelet ja missä tehtävissä?
2. Millainen kokemus sinulla on aikataulusuunnittelusta?
3. Miten arvioitte hankkeen rakennusajan hankkeen alkuvaiheessa (=ennen määrälaskentaan perustuvaa aikataulusuunnittelua)?
4. Miten arvioitte rakennusvaiheiden kestot (rakennuksen maa- ja pohjarakennus, perustusvaihe, runkovaihe, sisävaihe, alueen maa- ja pohjarakennus) hankkeen alkuvaiheessa?
5. Miten arvioitte rakennusvaiheiden alustavat limitykset hankkeen alkuvaiheessa?
6. Miten arvioitte eri runkovaihtoehtojen (täyslementtitekniikka, osaelementtitekniikka, paikallarakennustekniikka) vaikutukset hankkeen rakennusaikaan ja runkovaiheen keston?
7. Miten arvioitte vuodenajan vaikutukset hankkeen rakennusaikaan ja rakennusvaiheiden kestoihin?
8. Miten talotekniikan työntekijätunnit kertyvät hankkeen ja eri rakennusvaiheiden aikana?
9. Miten käyttö- ja yhteiskustannusten työntekijätunnit kertyvät hankkeen ja eri rakennusvaiheiden aikana?

10. Mitä mieltä olette alla olevasta Talo 80 -pääryhmien työntekijätuntien jaottelusta eri rakennusvaiheille? Miten muuttaisit? Miten jakaisit käyttö- ja yhteiskustannusten työntekijätunnit eri rakennusvaiheille? Voit muokata halutessasi taulukkoon

	Sisältää	Ei sisälly
Rakennuksen maa- ja pohjarakennus	1 Maa- ja pohjarakennus	17 Rakennusalueen rakenteet 18 Ulkovarusteet
Perustus	2 Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet 7 Konetekniset työt (5 %)	28 Ulkopuoliset rakenteet
Runko	28 Ulkopuoliset rakenteet 3 Runko- ja vesikattorakenteet 7 Konetekniset työt (10 %)	
Sisävalmistus	4 Täydentävät rakenteet 5 Pintarakenteet 6 Kalusteet, varusteet, laitteet 7 Konetekniset työt (85 %)	
Alueen maa- ja pohjarakennus	17 Rakennusalueen rakenteet 18 Ulkovarusteet	

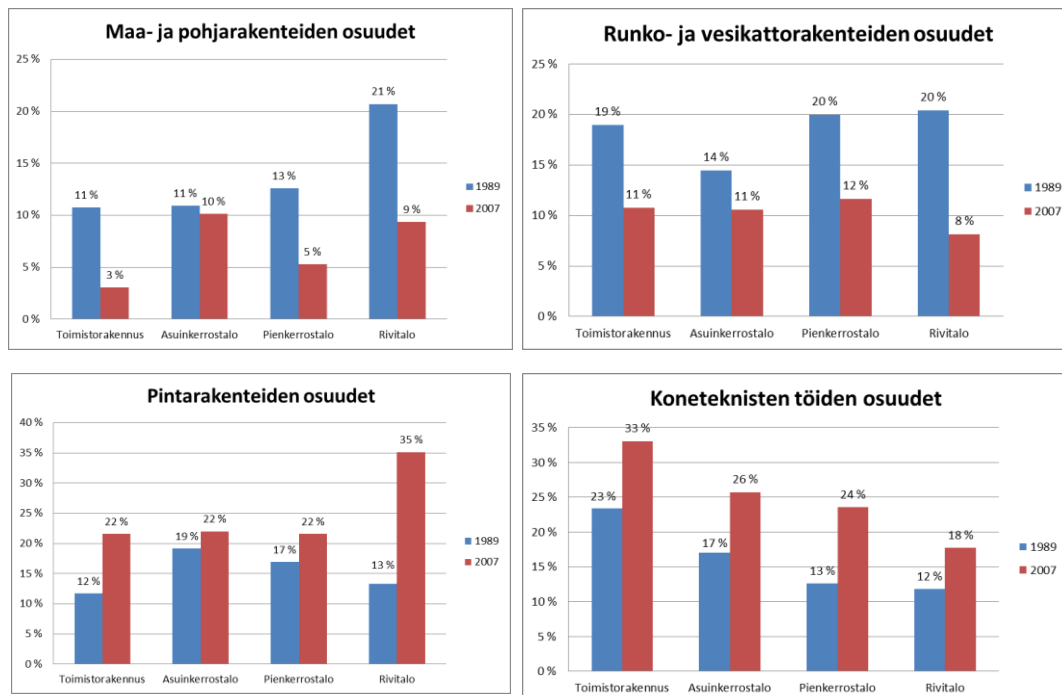
11. Mitkä ovat mahdollisia syitä kokonaistyömenekkien muutoksille rakentamisessa viimeisen 20 vuoden aikana?

Alla esitetään tutkimuksessa havaitut kokonaistyömenekkien muutokset eri rakennustyypeille. Kokonaistyömenekit eivät sisällä autohalleja

Rakennustyyppi	Kokonaistyömenekki 1989 [tth/brm ²]	Kokonaistyömenekki 2007 [tth/brm ²]	Muutos [tth/brm ²]	Muutos
Toimistorakennus	11,5	7,5	-4,0	-35 %
Asuinkerrostalo	6,8	8,4	1,6	24 %
Pienkerrostalo	9,2	9,6	0,4	5 %
Rivitalo	10,2	11,5	1,3	13 %

12. Mitkä ovat syyt rakentamisen aikajaan muuttumiselle viimeisen 20 vuoden aikana?

13. Alla olevissa kaavioissa esitetään tutkimuksessa havaitut merkittävimmät muutokset Talo 80 -pääryhmien osuuksille koko hankkeiden työmenekistä. Mitkä ovat syyt osuuksien muutoksille?



LIITE B: TYÖPAJAN OSALLISTUJALISTA

Jani Kemppainen	Rakennusteollisuus	Asiamies
Petri Salonen	Peab	Yksikönjohtaja, asuntorakentaminen
Niku Hartikainen	Skanska	Työpäällikkö
Sami Rook	Skanska	Työnjohtaja
Sari Paukku	NCC	Laatuinsinööri
Jukka-Pekka Soila	NHK-Rakennus	Julkisivuyksikön johtaja
Jyrki Tuohimetsä	Lujatalo	Työpäällikkö, korjausrakentaminen
Arto Saari	TTY	Professori
Markku Inkeroinen	Senaatti-kiinteistöt	Rakennuttajapäällikkö
Matti Kruus	Indepro	Rakennuttajakonsultti/toimitusjohtaja
Teppo Salmikivi	Helsingin yliopisto	Kiinteistöjohtaja
Tuomas Vaarasalo	Varma	Rakennuttajapäällikkö
Anssi Koskenvesa	Mittaviiva	Toimitusjohtaja
Aki Peltola	TTY	Opiskelija
Elisa Varis	TTY	Opiskelija

LIITE C: KÄYTETTÄVYYSTESTI

RAK-10030 Rakentamistalouden perusteet ennakkotehtävä

Ennakkotehtävänä on arvioida rakennushankkeen rakennusajan ja rakennusvaiheiden kestot Ajoitusmalli 3.0 Excel-pohjan avulla sekä täyttää mallin käytettävyysskysely, joka on tämän Word-tiedoston lopussa.

Jokainen opiskelija tekee itse. Malliin sijoitettavat hankkeen laajuus ja rakennustyyppi riippuvat opiskelijanumerosta.

Mallissa hankkeen laajuutta kuvataan bruttoalalla (bm^2) ja rakennustilavuudella (rm^3).

Bruttoala on rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrostasoalojen summa. Esimerkiksi 3 kerroksinen kerrostalo, yhden kerroksen ala $700 \text{ m}^2 \rightarrow$ bruttoala $3 \cdot 700 \text{ m}^2 = 2100 \text{ bm}^2$.

Rakennustilavuus on koko rakennuksen yhteenlaskettu tilavuus. Esimerkiksi 15 m korkea rakennus ja pohjan ala $600 \text{ m}^2 \rightarrow 15 \text{ m} \cdot 600 \text{ m}^2 = 9000 \text{ rm}^3$.

OHJEET

1. Avaa moodilesta ajoitusmalli 3.0 Excel-pohja, hyväksy makrojen käyttö kun Excel kysyy. Valitse Ajoitusmalli 3.0 helppo -versio

2. Aseta malliin hankkeen perustiedot:

- Hankkeen nimi = Esimerkkikohde
- Laajuus = riippuu opiskelijanumeron viimeisestä numerosta (huom. sijoita bm^2 tai rm^3 , älä aseta toista nolaksi vaan anna olla sellaisenaan.)
- Aloitusvuosi = 2016
- Aloituskuukausi = Huhtikuu
- Rakennustyyppi = riippuu opiskelijanumeron toiseksi viimeisestä numerosta
- Tuotantotekniikka = täyselementtitekniikka
- Kokonaistyömenekin yksikkö = valitse laajuutta vastaava (jos laajuus bm^2 niin tth/bm^2 , jos laajuus rm^3 niin tth/rm^3)
- Heinäkuu lomakuukausi = Kyllä

Viimeinen numero	Laajuus	Yks.	Toiseksi viimeinen numero	Rakennustyyppi
0	2000	bm^2	0,1,2	Toimistorakennus
1	3000	bm^2	3,4	Asuinkerrostalo
2	4000	bm^2	5,6,7	Pienkerrostalo
3	5000	bm^2	8,9	Rivitalo
4	6000	bm^2		
5	8000	rm^3		
6	9000	rm^3		
7	12000	rm^3		
8	16000	rm^3		
9	20000	rm^3		

3. Malli laskee kestot ja kuvaajat päivittyvät ensimmäiseen kohtaan syöttämiesi perustietojen perusteella. Seuraavaksi vastaa alla oleviin kysymyksiin tähän Word pohjaan:

- Opiskelijanumerosi =
- Hankkeen laajuus ja yksikkö (esim. 2000 brm²) =
- Rakennustyyppi =
- Mikä on opiskelijanumeroasi vastaavan hankkeen normaalikesto ja milloin hanke on valmis? =

4. Vastaa alla olevaan käytettävyysskyselyyn:

Vastaa arvosteluasteikolla 1-3 (1 = ei, 2 = ok, 3 = kyllä) alla oleviin kysymyksiin:

- Oliko käytön aloittaminen helppoa =
- Oliko syöttötietojen asettaminen helppoa? =
- Olivatko mallin sisäiset ohjeet selkeitä? =
- Olivatko kuvaajat selkeitä? =
- Oliko malli kokonaisuudessaan selkeä? Fontit, värit, jäsentely? =
- Oliko mallin käyttö helppo oppia? =

Lopuksi muutama avoin kysymys:

- Oliko ongelmia ajoitusmallia käytettäessä? Millaisia?
- Mitä hyvää ajoitusmallissa?
- Mitä kehitettävää ajoitusmallissa?
- Millä Excelin versiolla käytit ajoitusmallia? (Esim. Microsoft Excel 2010)

5. Palauta tämä Word-tiedosto täytettynä "Ajoitusmallin ennakkotehtävän palautus"-kohtaan moodlessa 4.11. klo 12 mennessä!

Ongelmatilanteissa ota yhteyttä aki.peltola@tut.fi

LIITE D: NORMAALIKESTOJEN LASKENTAESIMERKKI

Esimerkkikohde. käsittää kolme yksirappuista ja viisikerroksista asuinkerrostaloa. Kerrostalojen yhteenlaskettu tilavuus on 14860 m^3 , bruttoala 4610 brm^2 ja huoneistoala 3440 hm^2 . Esimerkkikohteelle lasketut pääryhmätasoiset työpanokset esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Esimerkkikohteen pääryhmätasoiset työpanokset

Työnosa (Talo 80)	tth, T4
1 Maa- ja pohjarakennus, (ei sisällä 17 & 18)	1700
17 Rakennusalueen pintarakenteet	1300
18 Ulkovarusteet	1000
2 Perustukset ja ulkopuoliset rakenteet (ei sisällä 28)	1600
28 Ulkopuoliset rakenteet	1600
3 Runko- ja vesikattorakenteet	4000
4 Täydentävät rakenteet	4400
5 Pintarakenteet	8500
6 Kalusteet, varusteet ja laitteet	1200
7 Konetekniset työt	10000
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	3000
1 - 9 Yhteensä	38300

Seuraavaksi lasketaan ajoitusmallin rakennusvaiheiden kokonaistyöpanokset. Rakennusvaiheet sisältävät taulukon 7.5 mukaiset työkokonaisuudet. Rakennusvaiheiden kokonaistyöpanoksien laskenta esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2. Rakennusvaiheiden kokonaistyöpanoksien määrittäminen

Vaihe	tth, T4
Maanrakennus	= 1700 tth
Perustus	= $1600 + 0,05 * 10000 + 0,1 * 3000 = 2400 \text{ tth}$
Runko	= $4000 + 1600 + 0,15 * 10000 + 0,30 * 3000 = 8000 \text{ tth}$
Sisävalmistus	= $1300 + 1000 + 4400 + 8500 + 1200 + 0,6 * 10000 + 0,50 * 3000 = 23\,900 \text{ tth}$
Luovutus	= $0,20 * 10000 + 0,10 * 3000 = 2300 \text{ tth}$

Rakennusajan ja rakennusvaiheiden normaalikestot lasketaan rakennusvaiheiden kokonaistyöpanoksien ja normaalikestojen laskentakaavojen avulla. Rakennusajan normaalikesto pyöristetään ylöspäin kuukausitarkkuudella. Rakennusvaiheiden normaalikestot pyöristetään kuukausitarkkuudella lähimpään kokonaislukuun. Normaalikestojen laskenta esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Rakennusajan ja rakennusvaiheiden normaalikestojen määrittäminen

Rakennusvaihe	Normaalikeston laskentakaava	Normaalikesto
Koko rakennusvaihe	$4,6 * \ln (\text{Rakennusvaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 35,0$ $= 4,6 * \ln (38300) - 35,0 = 13,6 \text{ kk}$	14 kk
Maanrakennus	$1,3 * \ln (\text{Maanrakennusvaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 7,3$ $= 1,3 * \ln (1700) - 7,3 = 2,4 \text{ kk}$	2 kk
Perustus	$0,7 * \ln (\text{Perustusvaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 3,4$ $= 0,7 * \ln (2400) - 3,4 = 2,0 \text{ kk}$	2 kk
Runko	$3,5 * \ln (\text{Runkovaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 27,0$ $= 3,5 * \ln (8000) - 27,0 = 4,5 \text{ kk}$	5 kk
Sisävalmistus	$2,9 * \ln (\text{Sisävalmistusvaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 21,8$ $= 2,9 * \ln (23900) - 21,8 = 7,4 \text{ kk}$	7 kk
Luovutus	$1,8 * \ln (\text{Luovutusvaiheen kokonaistyötuntimäärä}) - 10,2$ $= 1,8 * \ln (2300) - 10,2 = 3,7 \text{ kk}$	4 kk

Rakennusvaiheet limittyvät keskenään ja limitykset määritetään laskentakaavojen avulla. Rakennusvaiheiden limityksien laskenta esitetään taulukossa 4.

Taulukko 4. Rakennusvaiheiden limityksien määrittäminen

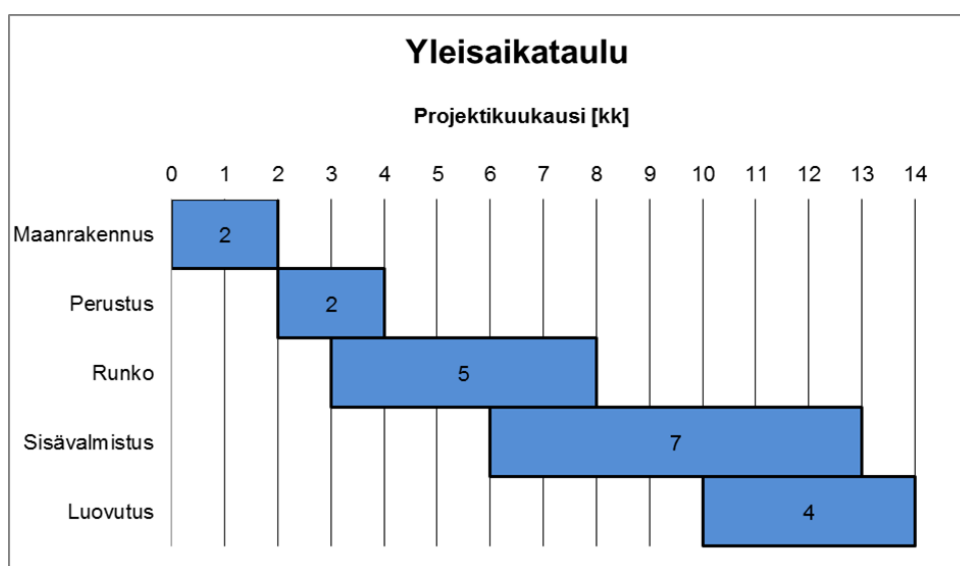
Limitys	Limityksen laskentakaava	Limitys
Maanrakennus-perustus	$25 + (\text{Maanrakennusvaiheen kokonaistuntimäärä}/200)$ $= 25 + (1700/200) = 33,5 \%$	34 %
Perustus-runko	$25 + (\text{Perustusvaiheen kokonaistuntimäärä}/290)$ $= 25 + (2400/290) = 33,3 \%$	33 %
Runko-sisävalmistus	$25 + (\text{Runkovaiheen kokonaistuntimäärä}/530)$ $= 25 + (8000/530) = 40,1 \%$	40 %

Rakennusvaiheiden aloituskuukaudet lasketaan rakennusvaiheiden keskinäisten limityksien avulla. Aloituskuukaudet pyöristetään ylöspäin kuukausitarkkuudella. Aloituskuukausien määrittäminen esitetään taulukossa 5.

Taulukko 5. Rakennusvaiheiden aloituskuukausien määrittäminen

Vaihe	Rakennusvaiheen aloituskuukauden määrittäminen	Alku	Kesto	Loppu
Maanrakennus		0	2 kk	2
Perustus	Maanrak. loppu kk. - (maanrak.-perustus limitys * perustus kesto) = 2 kk - (34 % * 2 kk) = 1,3 kk	2	2 kk	4
Runko	Perustus loppu kk. - (perustus-runko limitys * runko kesto) = 4 kk - (33 % * 5 kk) = 2,4 kk	3	5 kk	8
Sisävalmistus	Runko loppu kk. - (runko-sisävalmistus limitys * sisävalmistus kesto) = 8 kk - (40 % * 7 kk) = 5,2kk	6	7 kk	13
Luovutusvaihe	Hankkeen loppu kk. - luovutusvaiheen kesto = 14 kk - 4 kk = 10 kk	10	4 kk	14

Rakennusvaiheiden normaalikestojen ja aloituskuukausien avulla laaditaan rakennusvaihetasoinen yleisaikataulu jana-aikatauluna, joka esitetään kuvassa 1.

**Kuva 1. Normaalikestojen ja rakennusvaiheiden limityksien mukainen rakennusvaihetasoinen yleisaikataulu**

Kohdassa 1 (Perustiedot) sijoitetaan vihreisiin soluihin hankkeen nimi, laajuus (brm² ja rm³) ja aloitusvuosi. Harmaisiin soluihin valitaan alavetovalikoista aloituskuukausi, rakennustyyppi, tuotantotekniikka, kokonaistyömenekkien yksikkö ja määritetään onko heinäkuu lomakuukausi. Kokonaistyömenekkien yksikkö määrittää kohdan 2 työmenekkien yksikön. INFO-soluja klikkaamalla saa lisätietoa eri kohdissa.

Lisätietoa kohtaan 1 liittyen

1. PERUSTIEDOT				INFO
Hankkeen nimi	<div> <div>Esimerkkikohde</div> <div>4600</div> <div>15000</div> <div>2016</div> <div>Huhtikuu</div> <div>Toimistorakennus</div> <div>Täyselementtitekniikka</div> <div>tth/brm²</div> <div>Kyllä</div> </div>			
Laajuus [brm ²]				
Laajuus [rm ³]				
Aloitustavuosi				
Aloitustavuukausi				
Rakennustyyppi				
Tuotantotekniikka				
Kestot määrittävä kokonaistyömenekkien yksikkö				
Heinäkuu lomakuukausi				

2. KOKONAISTYÖMENEKIT [TTH/BRM ²]		Mallin arvio	Oma arvio	INFO
1 Maa- ja pohjarakennus (ilman 17 & 18)	0,21			
17 Rakennusalueen rakenteet, 18 Ulkovarusteet	0,02			
2 Perustukset (ilman 28)	0,11			
28 Ulkopuoliset rakenteet	0,07			
3 Runkorakenteet	0,81			
4 Täydent. Rakenteet	1,10			
5 Pintarakenteet	1,63			
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,09			
7 Konetekniset työt	2,49			
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	1,01			
Kokonaistyömenekki	7,54			
Hankkeen kokonaistyömenekki, [tth]	34684			

3. NORMAALIKESTOT [KK]		Normaalikesto	Aloitus	Loppu	INFO
Maanrakennus	2	0	2		
Perustus	2	2	4		
Runko	4	3	7		
Sisävalmistus	7	5	12		
Luovutus	4	10	14		
Hankkeen normaalikesto	14				

4. TYÖMAAVAHVUUDET		Mallin arvio
Työmaan keskivahvuus [tt]	15	
Työmaan maksimivahvuus [tt]	30	
Työmaan minimivahvuus [tt]	3	

2. Sijoitetaan ja valitaan perustiedot

Kohdassa 2 ajoitusmalli hakee edellisessä kohdassa syötettyjä perustietoja vastaavat vertailutasojen työmenekkitiedot, joiden perusteella ajoitusmalli laskee hankkeen ja rakennusvaiheiden normaalikestot sekä resurssitarpeet. Vaaleansinisiin soluihin voi halutessaan sijoittaa omat arvot, jolloin malli laskee niiden mukaiset normaalikestot ja resurssitarpeet. Ajoitusmalli 3.0 toimii vain hankkeilla, joiden kokonaistyömenekki on yli 10 000 tth.

1. PERUSTIEDOT		INFO	
Hankkeen nimi	Esimerkkikohde		
Laajuus [brm²]	4600		
Laajuus [rm²]	15000		
Aloitusvuosi	2016		
Aloituskuukausi	Huhtikuu		
Rakennustyyppi	Toimistorakennus		
Tuotantotekniikka	Täyselementtitekniikka		
Kestot määräävä kokonaistyömenekien yksikkö	tth/brm²		
Heinäkuu lomakuukausi	Kyllä		

2. KOKONAISTYÖMENEKIT [TTH/BRM²]	Mallin arvio	Oma arvio	INFO
1 Maa- ja pohjarakennus (ilman 17 & 18)	0,21		
17 Rakennusalueen rakenteet, 18 Ulkovarusteet	0,02		
2 Perustukset (ilman 28)	0,11		
28 Ulkopuoliset rakenteet	0,07		
3 Runkorakenteet	0,81		
4 Täydent. Rakenteet	1,10		
5 Pintarakenteet	1,63		
6 Kalusteet, varusteet, laitteet	0,09		
7 Konetekniset työt	2,49		
8,9 Käyttö- ja yhteiskustannukset	1,01		
Kokonaistyömenekki	7,54		
Hankkeen kokonaistyömenekki, [tth]	34684		

3. NORMAALIKESTOT [KK]	Normaalikesto	Aloitus	Loppu
Maanrakennus	2	0	2
Perustus	2	2	4
Runko	4	3	7
Sisävalmistus	7	5	12
Luovutus	4	10	14
Hankkeen normaalikesto	14		

4. TYÖMAAVAHVUUDET	Mallin arvio
Työmaan keskivahvuus [tt]	15
Työmaan maksimivahvuus [tt]	30
Työmaan minimivahvuus [tt]	3

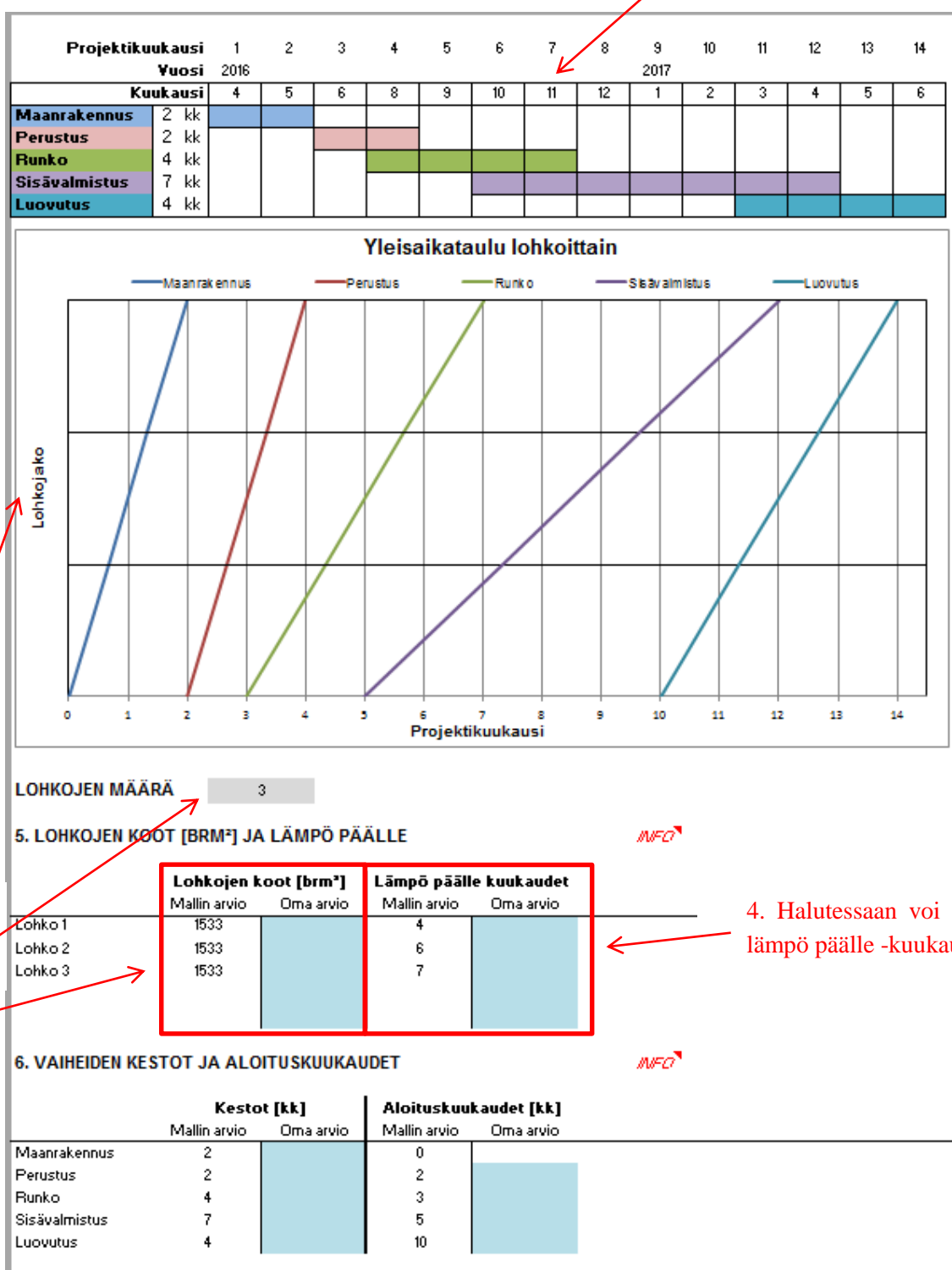
Voi sijoittaa omat työmenekit

Oltava yli 10 000 tth

Ajoitusmalli laskee perustietojen ja työmenekkien avulla normaalikestot (kohta 3) ja työmaavahvuudet (kohta 4).

Seuraavalle sivulle ajoitusmalli piirtää kohdan 3 mukaiset normaalikestot ja ajoitukset rakennusvaiheille. Kohdassa 5 valitaan lohkojen määräksi suunniteltu kolme lohkoa. Ajoitusmalli arvioi lohkot samankokoisiksi, mutta myös omat arvot on mahdollista sijoittaa vaaleansinisiin soluihin. Lämpö päälle -kuukausiksi malli arvioi rungon valmistumis-kuukaudet eri lohkoissa.

Voidaan tarkastella rakentamisen ajoittumista eri vuodenaikoihin

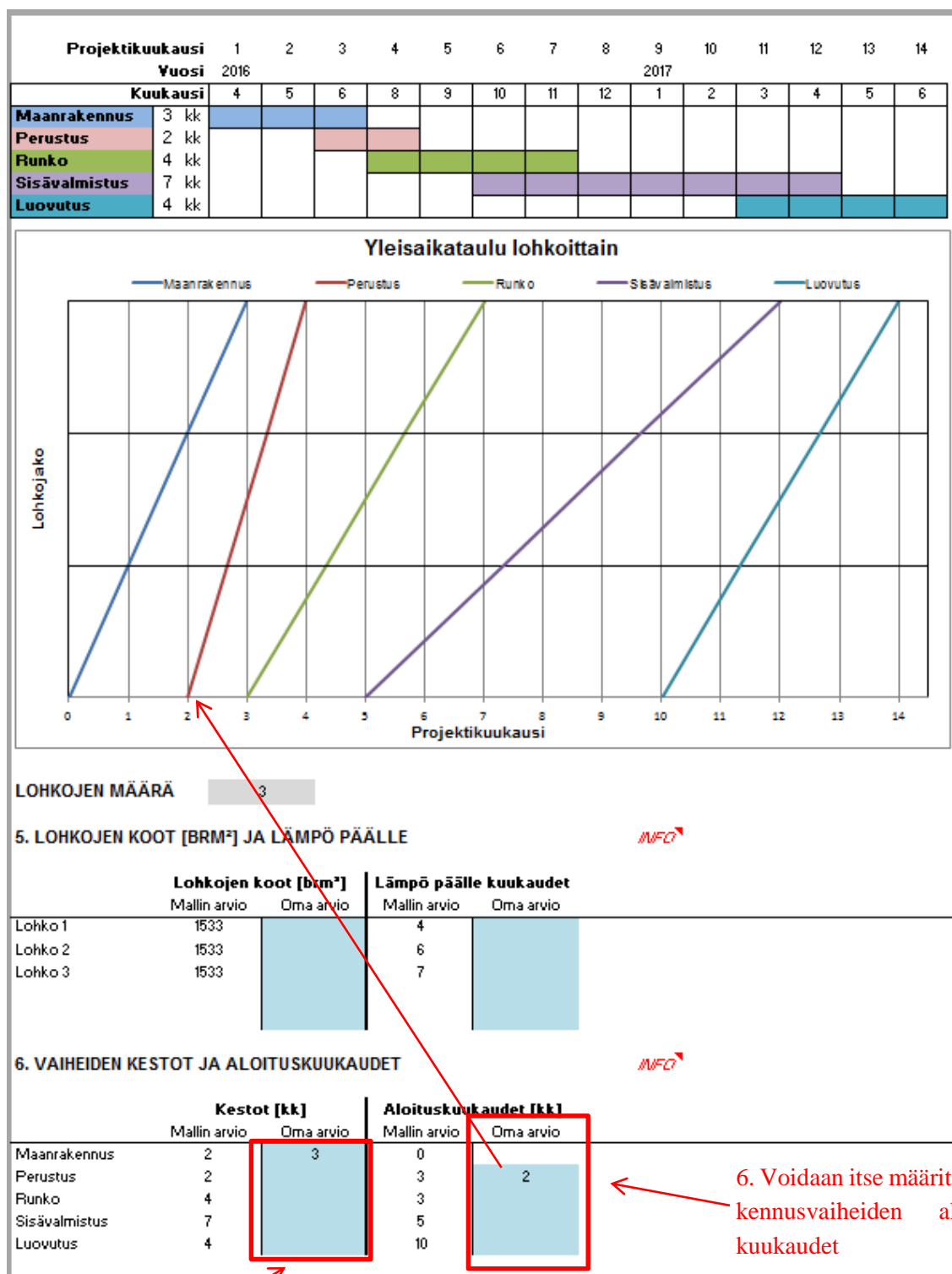


Lohkojako kohdan 5 mukaan

3. Valitaan lohkojen määrä ja halutessaan voi asettaa lohkojen koot

4. Halutessaan voi asettaa omat lämpö päälle -kuukaudet

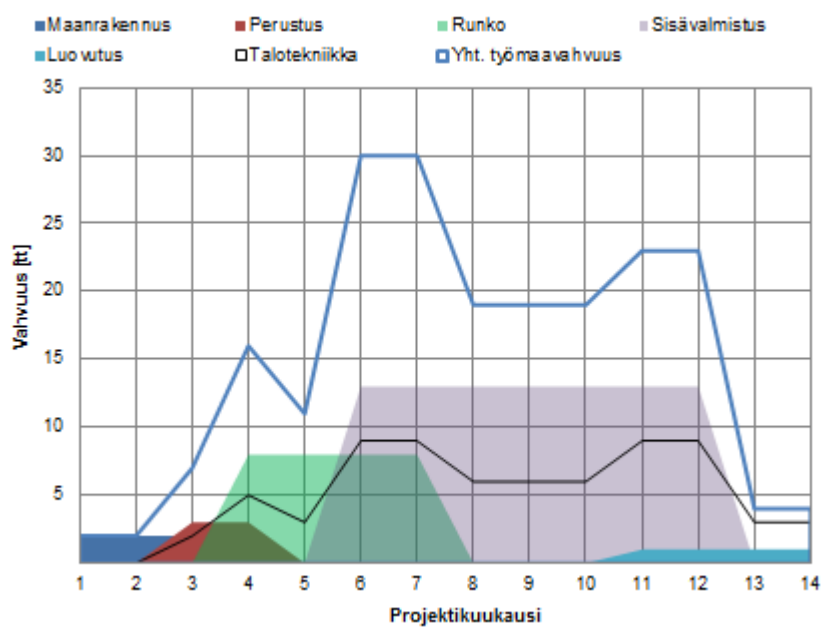
Kohdassa 6 voidaan määrittää itse rakennusvaiheiden kestot ja varata esimerkiksi enemmän aikaa poikkeuksellisille perustusolosuhteille. Tässä esimerkissä kasvatettiin maanrakennusvaiheen kestoa kolmeen kuukauteen. Kohdassa 6 voidaan myös säädellä rakennusvaiheiden aloituskuukaudet lohkojakoja vastaaviksi. Perustusvaihe asetettiin alkamaan kuukautta aikaisemmin mitä malli ehdottaa.



Tuntikertymäkuvaaja



Resurssikaavio



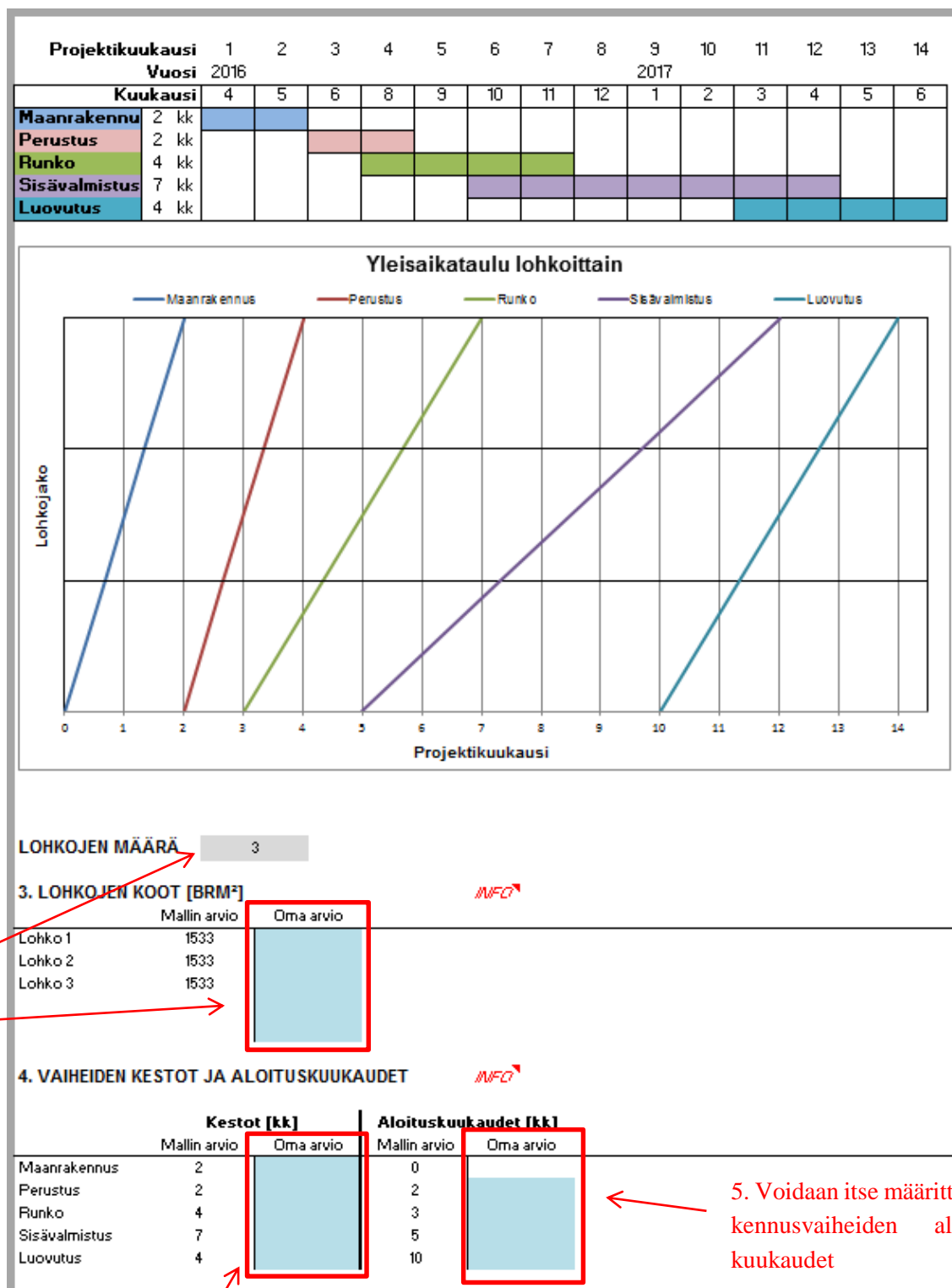
Helpossa versiossa sijoitetaan ja valitaan perustiedot samalla tavalla kuin Ajoitusmalli 3.0:ssa, mutta helpossa versiossa ei esitetä työmenekkejä tai resurssitarpeita. Helpossa versiossa voidaan käyttää vain vertailutason rakennustyyppejä, ei omia työmenekkejä.

Kohdassa 1 (Perustiedot) sijoitetaan vihreisiin soluihin hankkeen nimi, laajuus (brm² ja rm³) ja aloitusvuosi. Harmaisiin soluihin valitaan alavetovalikoista aloituskuukausi, rakennustyyppi, tuotantotekniikka, kokonaistyömenekkien yksikkö ja määritetään onko heinäkuu lomakuukausi. Kokonaistyömenekkien yksikkö määrittää kumman laajuuden mukaan ajoitusmalli laskee normaalikestot. INFO-soluja klikkaamalla saa lisätietoa eri kohdissa.

1. PERUSTIEDOT				INFO	
Hankkeen nimi	<div> <div>Esimerkkikohde</div> <div>4600</div> <div>15000</div> <div>2016</div> <div>Huhtikuu</div> <div>Toimistorakennus</div> <div>Täyselementtitekniikka</div> <div>tth/brm²</div> <div>Kyllä</div> </div>				
Laajuus [brm ²]					
Laajuus [rm ³]					
Aloitusvuosi					
Aloituskuukausi					
Rakennustyyppi					
Tuotantotekniikka					
Kestot määräävä kokonaistyömenekkien yksikkö					
Heinäkuu lomakuukausi					
2. NORMAALIKESTOT [KK]		Normaalikesto	Aloitus	Loppu	INFO
Maanrakennus	2	0	2		
Perustus	2	2	4		
Runko	4	3	7		
Sisävalmistus	7	5	12		
Luovutus	4	10	14		
Hankkeen normaalikesto	14				

2. Sijoitetaan ja valitaan perustiedot

Seuraavalla sivulla voi vielä halutessaan asettaa lohkojen määrän ja koot sekä muokata vaiheiden kestoja ja aloituskuukausia samalla tavalla kuin Ajoitusmalli 3.0:ssa. Helpossa versiossa tulosteina saadaan vain yleisaikataulut. Jos muokkauksia ei tehdä, niin hankkeen normaalikestoksi saadaan 14 kuukautta ja hanke valmistuu kesäkuussa 2017.



3. Valitaan lohkojen määrä ja halutessaan voi asettaa lohkojen koot

4. Voidaan itse määrittää rakennusvaiheiden kestit

5. Voidaan itse määrittää rakennusvaiheiden aloituskuukaudet